



Radar Baseret Styringspotentiale for Vejle Spildevand

Nielsen, Jesper Ellerbæk; Rasmussen, Michael R.

Publication date:
2011

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):
Nielsen, J. E., & Rasmussen, M. R. (2011). *Radar Baseret Styringspotentiale for Vejle Spildevand*. Department of Civil Engineering, Aalborg University. DCE Technical reports Nr. 122

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

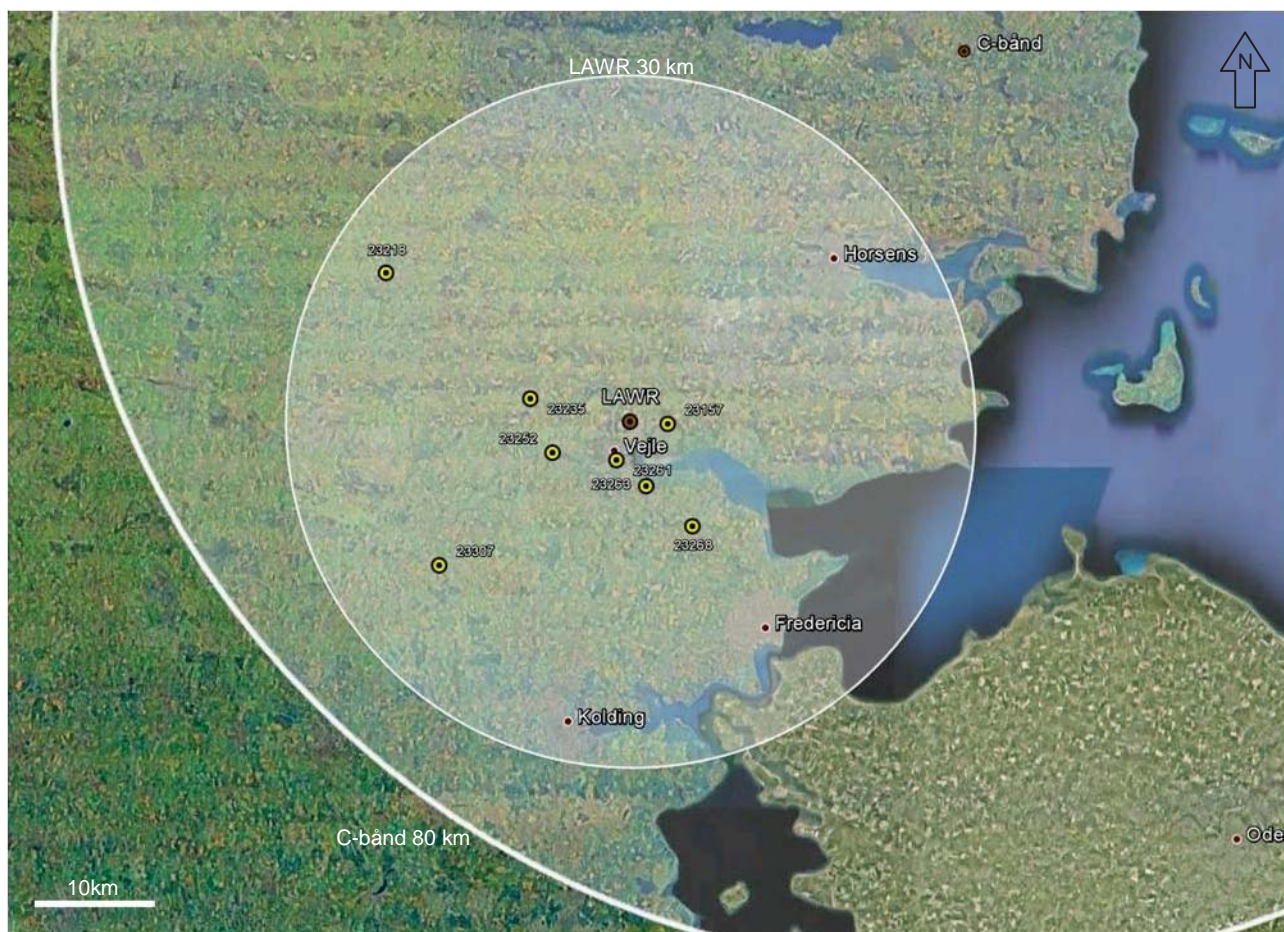
- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Radar baseret styringspotentiale for Vejle Spildevand

Jesper Ellerbæk Nielsen
Michael R. Rasmussen



Aalborg Universitet
Institut for Byggeri og Anlæg
Sektionen for Vand og Jord



DCE Technical Report No. 122

Radar baseret styringspotentiale for Vejle Spildevand

Jesper Ellerbæk Nielsen
Michael R. Rasmussen

December 2011

© Aalborg Universitet

Videnskabelige publikationer ved Institut for Byggeri og Anlæg

Technical Reports anvendes til endelig afrapportering af forskningsresultater og videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg på Aalborg Universitet. Serien giver mulighed for at fremlægge teori, forsøgsbeskrivelser og resultater i fuldstændig og uforkortet form, hvilket ofte ikke tillades i videnskabelige tidsskrifter.

Technical Memoranda udarbejdes til præliminær udgivelse af videnskabeligt arbejde udført af ansatte ved Institut for Byggeri og Anlæg, hvor det skønnes passende. Dokumenter af denne type kan være ufuldstændige, midlertidige versioner eller dele af et større arbejde. Dette skal holdes in mente, når publikationer i serien refereres.

Contract Reports benyttes til afrapportering af rekvireret videnskabeligt arbejde. Denne type publikationer rummer fortroligt materiale, som kun vil være tilgængeligt for rekvirenten og Institut for Byggeri og Anlæg. Derfor vil Contract Reports sædvanligvis ikke blive udgivet offentligt.

Lecture Notes indeholder undervisningsmateriale udarbejdet af undervisere ansat ved Institut for Byggeri og Anlæg. Dette kan være kursusnoter, lærebøger, opgavekompendier, forsøgsmanualer eller vejledninger til computerprogrammer udviklet ved Institut for Byggeri og Anlæg.

Theses er monografier eller artikelsamlinger publiceret til afrapportering af videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg som led i opnåelsen af en ph.d.- eller doktorgrad. Afhandlingerne er offentligt tilgængelige efter succesfuldt forsvar af den akademiske grad.

Latest News rummer nyheder om det videnskabelige arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg med henblik på at skabe dialog, information og kontakt om igangværende forskning. Dette inkluderer status af forskningsprojekter, udvikling i laboratorier, information om samarbejde og nyeste forskningsresultater.

Udgivet 2011 af
Aalborg Universitet
Institut for Byggeri og Anlæg
Sohngårdsholmsvej 57,
DK-9000 Aalborg, Danmark

Trykt i Aalborg på Aalborg Universitet

ISSN 1901-726X
DCE Technical Report No. 122

Indholdsfortegnelse

Introduktion.....	6
Radarernes virkemåde og forskelle.....	7
Radar og regnmåler data.....	9
Kalibrerings og justeringsmetoder	12
Statisk kalibrering af LAWR – Den lineære regressions metode (Lin. Reg.)	12
Statisk kalibrering af LAWR – Den dobbelt eksponentielle metode (2exp)	13
Statisk kalibrering af C-bånd – Kalibrering af Marshall-Palmers A og b (MPfit).....	15
Statisk kalibrering af C-bånd – Bias kalibrering med faste Marshall-Palmer konstanter (BIASfit).....	16
Dynamisk justering ved hjælp af SVK-regnmålerne	17
Resultater	19
Akkumuleret nedbør for de 3 data perioder	19
3 timers akkumuleret nedbør.....	21
Nedbørens relative intensitetsfordeling	25
Regnens intensitetsforløb for udvalgte hændelser	27
Konklusion	30
Referencer	31
Appendiks 1	32
Bilag 1 – Scatter-plots for 3 timers akkumuleret nedbør	35
Bilag 2 – Nedbørens intensitetsfordeling CDF-kurver	61
Bilag 3 – Tidsserier for udvalgte regnhændelsen	75

Introduktion

Denne undersøgelse er initieret af Vejle Spildevands A/S som har bedt Krüger AS om at undersøge styringspotentialer i Vejle by på baggrund af Vejles LAWR radar. Aalborg Universitet har derfor fået til opgave at sammenligne LAWR radaren med både regnmålere og DMI's Virring radar i 3 udvalgte perioder.

Der er tidligere lavet en undersøgelse af radarens nøjagtighed i forbindelse med kraftig nedbør og efterfølgende aflastninger, som ikke har givet et entydigt resultat (DHI, 2011).

DHI's undersøgelse har vist at den radarmålte nedbør over Bredballe oplandet d. 12.-13. juli 2010, ikke stemmer overens med regnmålerne. Disse to hændelser illustrerer ligeledes, at radaren tilsyneladende i perioder med lave regn intensiteter estimerer nedbøren relativt tæt på regnmålerens estimer, mens perioder med højere intensiteter generelt estimeres betydeligt lavere end regnmåleren.

Nærværende undersøgelse er baseret på 8 SVK-regnmålerne i og omkring Vejle og er desuden sammenlignet med regn estimer fra DMI's metrologiske C-bånds radar, der er placeret nær Virring ca. 45 km nord-øst for Vejle.

De to radarer er i undersøgelsen kalibreres/justeres efter tre forskellige metoder. Det er vigtigt at pointere, at datagrundlaget for såvel kalibrering og validering er det samme for de to radarer. Der er således i undersøgelsen kun anvendt data hvor begge radarer har fungeret, således at radarenes kvalitet er evalueret under eksakt samme meteorologiske forhold og med de samme regnmålerdata.

Følgende tre justerings og kalibreringsmetoder undersøgt for LAWR radaren:

1. 'Den lineære regressions metode' (Thorndal og Rasmussen, 2011)
2. 'Den dobbelt eksponentielle metode' (Nielsen m.fl., 2011)
3. 'Dynamisk justering ved hjælp af regnmålere'

Metode 1 og 2 er begge statiske kalibreringsmetoder, hvilket vil sige, at relationen mellem radar-outputtet (DRO) og regnmålerens estimer søges bestemt gennem en enkelt statisk parameter-sæt. I modsætning hertil er metode 3, som navnet antyder, er en dynamisk justering af radarens regnestimat, hvor målingerne fra SVK-regnmålerne løbende anvendes til dynamisk at justere radarestimatet.

C-bånds radaren en ligeledes undersøgt under tre forskellige kalibrerings/ justerings metoder:

- A. Direkte kalibrering af Marchall-Palmers parametre A og b
- B. Bias kalibrering med faste Marchall-Palmers parametre A og b
- C. Dynamisk justering ved hjælp af regnmålere

C-bånds radaren angiver den absolutte radar refleksivitet (dBz) af nedbøren i atmosfæren, hvis relation med nedbørs intensitet traditionelt er beskrevet gennem det empiriske Marchall-Palmer udtryk. Dette udtryk er baggrunden for både metode A og B, som ligesom metode 1 og 2 begge er statiske kalibreringer af C-båndsradaren. Den sidste metode C er i identisk med metode 3, hvor SVK-regnmålerne anvendes til en dynamisk justering af C-bånds radaren. Det er således søgt at kalibrere og validere X- og C-bånds radarene på en sammenlignelig måde for at opnå en mere objektiv vurdering af Vejles LAWR radar kvalitet.

Detaljerne omkring de i alt seks anvendte metoder er beskrevet i afsnittet om kalibrerings- og justeringsmetoder.

Radarernes virkemåde og forskelle

Den tekniske virkemåde for de to radarer er i princippet identiske. Der er dog stadig betydelige forskelle i radarernes opbygning og konfiguration, som giver forskellige egenskaber og dermed påvirker deres nedbørsmåling. Tekniske specifikationer for de to undersøgte radarer er listet i tabel 1 og tabel 2.

Vejle LAWR	X-bånd (Furono1525)
Frekvens	9.41 GHz
Bølgelængde	3.2 cm
Peak puls effect	25 kW
Tidslig opløsning	1 min (middle)
Stedslig opløsning	500 x 500m
Horrisontal åbning	0.95° azimuth
Vertikal åbning	± 10°
Data opløsning	255 classes
Rotation	24rpm
Scannings elevation	0°

Tabel 1: Tekniske specifikationer for Vejle LAWR. NB: den angivne stedslige opløsning er den anvendte opløsning i undersøgelsen.

DMI Virring	C-bånd
Frekvens	5.625 GHz
Bølgelængde	5.4 cm
Peak puls effect	250 kW
Tidslig opløsning	10 min (øjebliksværdi)
Stedslig opløsning	2000x2000m (1km CAPPI)
Horrisontal åbning	1° azimuth
Vertikal åbning	± 0.5°
Data opløsning	255 classes
Rotation	3.33 rpm
Scanning elevation	0.5°, 0.7°, 1.0°, 1.5°, 2.4°, 4.5°, 8.5°, 13.0°, 15.0°

Tabel 2: Tekniske specifikationer for DMI's C-bånds radar i Virring. NB: den angivne stedslige opløsning er den anvendte opløsning i undersøgelsen

Virkemåden er for begge radarer den samme da begge er puls radarer, hvilket betyder at de begge udsender en kort men kraftig retningsbestemt puls af elektromagnetisk energi ud i atmosfæren. Denne puls bevæger sig med omtrent med lysets hastighed og bliver reflekteret og spredt af nedbøren i atmosfæren. Styrken af det returnerede signal er afhængig af mængden af nedbør i atmosfæren, hvilket er baggrunden for at radaren kan anvendes til nedbørsmåling.

LAWR radar anvender kortere bølgelængder end DMI's C-bånds radar, hvilket gør at LAWR radar i teorien er i stand til at måle nedbøren med en højere stedlig opløsning end C-bånds radaren. C-bånds radaren har til gengæld har en længere rækkevidde og en mindre dæmpning gennem atmosfæren. Ud over bølgelængde benytter de to radarer også en forskellig antenne og skanningsstrategi til scanning af atmosfæren. LAWR raderne anvender en antenne med en stor vertikal åbning, som gør at radaren på en enkelt omgang scanner hele atmosfæren, mens C-båndsradaren anvender en antenne med smal åbning, som til gengæld scanner atmosfæren i flere elevationer. Fordi C-båndsradaren scanner atmosfæren i diskrete elevationer, roterer radaren op mod ni omgange pr atmosfære scan. Dette betyder naturligvis, at C-båndsradaren måler atmosfæren betydelig mere detaljeret end LAWR radaren, og kan beskrive den vertikale struktur af nedbøren bedre. Men samtidigt betyder det også, at den tidslige opløsning er lavere for C-bånds radaren, da det naturligvis tager tid at scanne de mange elevationer. Vejle LAWR opererer således med en tidlig opløsning på 1 minut, hvilket er en 10 gange længere end Virring C-bånd's tidslige opløsning på 10min.

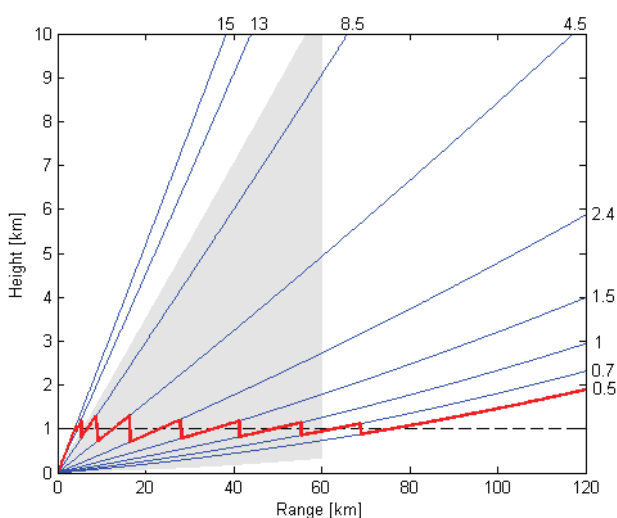
For nærværende undersøgelse er det naturligvis ikke den vertikale struktur i nedbøren, eller nedbørsmængden højt oppe i atmosfæren der er relevant, men derimod nedbøren ved jordoverfalden. Til dette formål producerer DMI 1km CAPPI lag radar data (Constant Altitude Plan Position Indicator), som er et 'udtræk' af radar data fra de forskellige elevationer i et snit med konstant højde over jordoverfladen, som illustreret på figur 1. Dette betyder for det første at selvom radarstrålens højde over jordoverfladen vokser med afstanden fra radar på grund af jordens krumning, så repræsenterer CAPPI datene en måling i tilnærmelsesvis samme højde indtil en afstand af ca. 90km fra radaren. Rækkevidden er typisk 120 km. Men samtidigt betyder det også at målingerne i CAPPI dataene ikke repræsenterer det samme tidspunkt, da de stammer fra forskellige scannings elevationer, som illustreret på figur 2.

Den mere simple scanningsstrategi for LAWR radaren i en enkelt elevation med stor vertikal udbredelse gør, at denne effekt ikke er til stede i LAWR dataene. LAWR radaren scanner med ca. 24 rotationer pr minut og LAWR radar målingen bliver dannet som et middel med radarens tidlige opløsning på 1min. Rækkevidden er typisk 15 km.

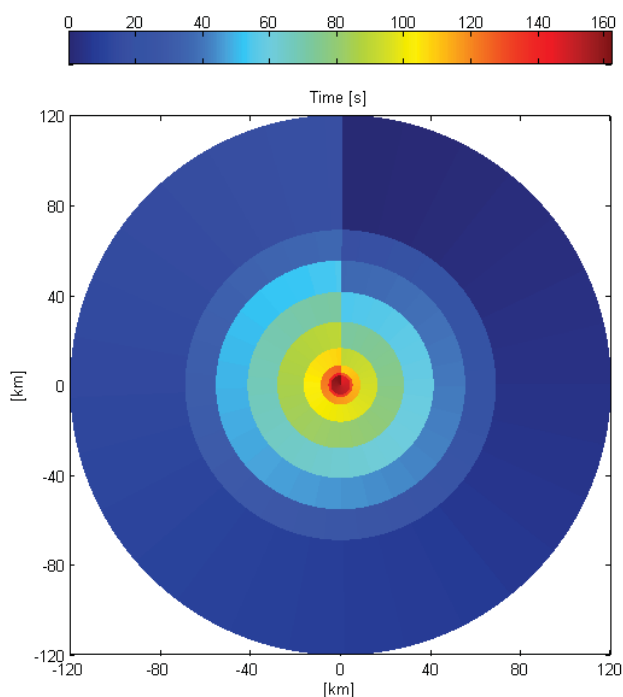
LAWR målingen repræsenterer en tidlig midlet måling med en opløsning på 1min og med en stedsig opløsning på 500x500m, mens C-bånds radarens måling repræsenterer et øjeblik billede hvert 10min med en stedsig opløsning på 2000x2000m.

Sidst men ikke mindst er LAWR radaren placeret væsentligt tættere på de i undersøgelsen anvendte regnmålere.

På Aalborg Universitet arbejdes der i øjeblikket med udvikling af interpoleringsmetoder til raffinering af C-bånds radarens tidlige og stedlige opløsning. Disse metoder er dog ikke fuldt udviklet og testet, og er derfor ikke inddraget i undersøgelsen. På grund af den forskellige operation af de to radarer er der i



Figur 1: Højde af C-bånds radarens stråle (center) som funktion af afstanden til radaren (blå linjer). Den røde linje indikerer hvilken del af den enkelte scanlinje der anvendes i 1km CAPPI produktet. Det grå område illustrerer LAWR radarens vertikale integration af atmosfæren.



Figur 2: I CAPPI data produktet er det eksakte tidspunkt for målingen afhængig af placeringen i forhold til radaren. Figuren illustrerer den principmæssige timing af målingen.

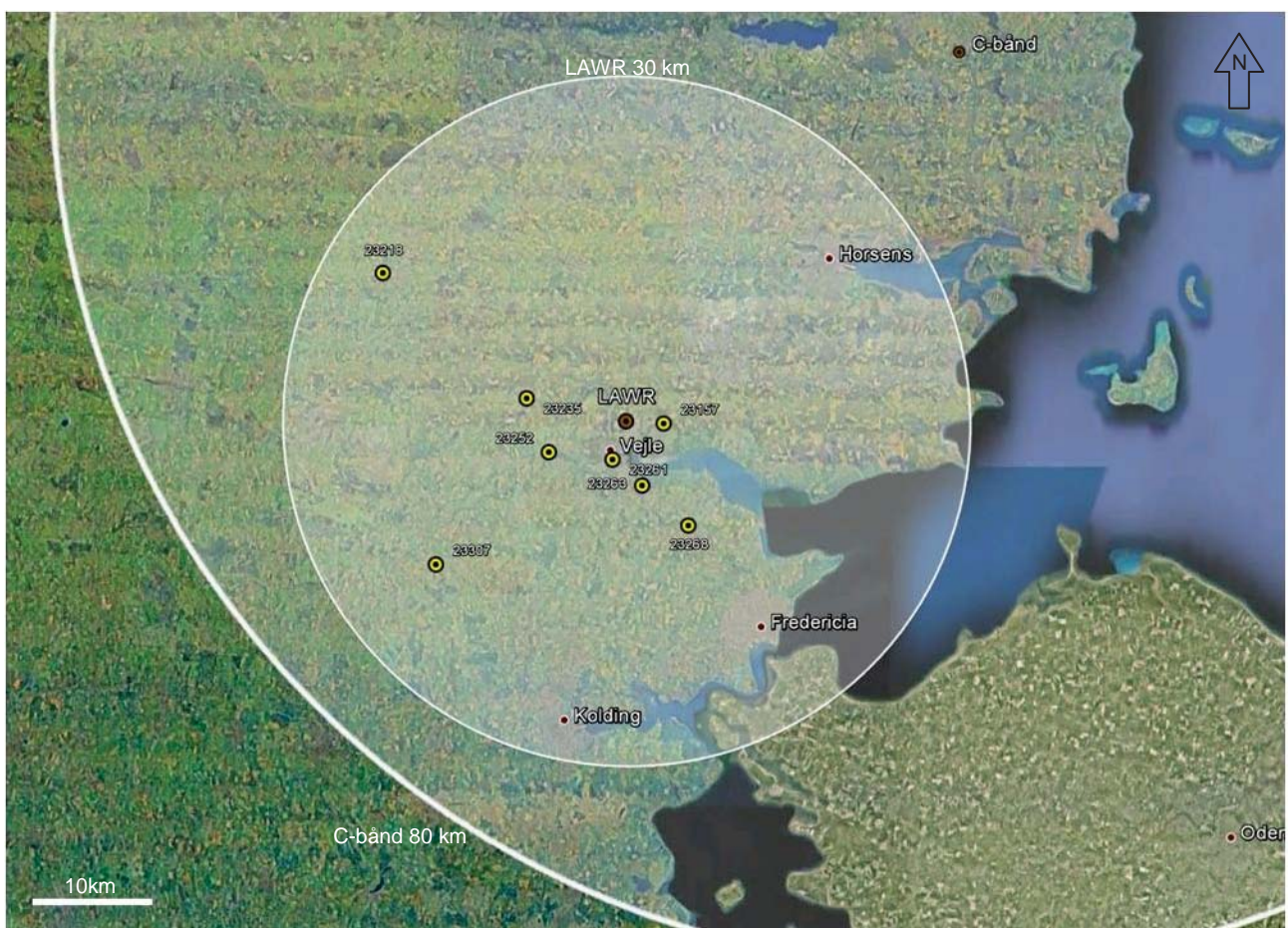
undersøgelsen for C-båndsradaren anvendt den antagelse at C-båndsradarens øjebliksmåling repræsenterer en middel værdi for de 10 minutter målingen dækker over.

Radar og regnmåler data

Datagrundlaget for undersøgelsen er data fra Vejle LAWR radar, Virring C-bånds radar samt 8 SVK-regnmålere i og omkring Vejle. Dataperioden for undersøgelsen er fra den 1. januar 2011 til den 30. september 2011. Dog er perioden underinddelt i 3 sub-perioder, der følger DHI's kvartalsrapporter for Vejle LAWR. Normalt følger kvartalsrapporterne årets kvartaler, men da Vejle LAWR radar blev udstyret med et clutterfence i starten af maj 2011 er dataperioden forskudt en måned mellem 1. og 2. kvartal. Data perioderne vil i den resterende del af denne rapport benævnes periode 1 til 3 og er således inddelt som:

- Periode 1: 1. januar – 30. april
- Periode 2: 1. maj – 30. juni
- Periode 3: 1. juli – 30. september

Figur 3 illustrerer placeringen af SVK-regnmålerne og de to radarer i undersøgelsen. LAWR radaren er placeret relativt centralt i forhold til SVK-regnmålerne, mens C-bånds radaren er placeret ca. 45 km nord-øst for LAWR radaren. Dette betyder at den relative forskel i den radiale afstand mellem radar og



Figur 3: Placering af Vejle LAWR, Virring C-bånd og de i undersøgelsen anvendte svk-regnmålere. For Vejle LAWR er 30km rækkevidde illustreret, men 80km rækkevidden er angivet for Virring C-bånd.

regnmåler, er betydeligt større for C-bånds radaren. I tabel 3 er den radiale afstand mellem SVK-regnmålerne og hhv. LAWR radaren og C-båndsradaren opgivet.

Svk nr.:	23 157	23 218	23 252	23 268	23 235	23 261	23 263	23 307
Afstand fra LAWR [km]	3,3	25,1	7,3	10,6	9,0	3,3	5,6	20,7
Afstand fra C-bånd [km]	41,7	54,2	50,3	47,8	48,5	46,8	46,9	64,1

Tabel 3: Radial afstand mellem SVK-regnmålerne og hhv. LAWR radaren og C-bånds radaren

SVK-regnmåler systemet baserer sig på vippekars regnmålere af typen RIMCO med en volumetrisk opløsning på 0,2 mm. Regnmåleren registrer, hver gang målerens kar vipper – vipper karret mere end én gang i minuttet, bliver nedbørsvoluminet midlet over dette ene minut, vipper karret mindre en gang i minuttet bliver de 0,2mm nedbør midlet ud over antallet af minutter siden det forrige vip. For SVK-regnmåler systemet er en regnhændelse defineret som minimum 0,4 mm nedbør (2 vip) inden for én time og som minimum er adskilt af en periode uden registreringer på 60 minutter. SVK-regnmålerens design, betyder at det reelle starttidspunkt for en regnhændelse i princippet er ukendt, da det første vip i en regn hændelse altid bliver tilskrevet det første minut i serien. På samme vis er det heller ikke muligt at estimere den nedbørsmængde, der er tilbage i vippekaret fra det sidste registreret vip til det reelt stopper med at regne over måleren. Dette giver en principiel måleusikkerhed for SVK-regnmåleren, der procentuel er størst for de meget små regnhændelser. Af denne grund er der konsekvent for undersøgelsen af de to radartyper valgt kun at anvende regnhændelser der er større end 1mm. Ydermere er det også valgt kun at anvende regn hændelser, der har bestået den meteorologiske kontrol, som DMI løbende udfører på SVK-regnmåler dataene. Dette betyder endvidere, at regnmåler dataene i princippet kun burde indeholde nedbør fra regn, da hændelser hvor regnmålerens varmelegeme er tilsluttet automatisk forkaster hændelsen. Dette er naturligvis særligt relevant for periode 1, hvor snevejrs bestemt har forekommet.

Generelt må det for periode 1 konstateres, at det i radarteknisk sammenhæng er en betydelig udfordring at måle nedbør der kan indeholde sne eller hagl, da refleksionsegenskaberne for nedbøren

Periode 1: 1. januar – 30. april		
Svk nr.	Godkendte hændelser	Hændelser >1mm
23 157	22	16
23 218	40	20
23 252	29	19
23 268	26	20
23 235	27	16
23 261	25	19
23 263	0	0
23 307	30	22
Periode 2: 1. maj – 31. juni		
Svk nr.	Godkendte hændelser	Hændelser >1mm
23 157	39	21
23 218	35	22
23 252	41	23
23 268	38	20
23 235	44	26
23 261	33	23
23 263	24	15
23 307	25	17
Periode 3: 1. juli – 30. september		
Svk nr.	Godkendte hændelser	Hændelser >1mm
23 157	93	67
23 218	113	62
23 252	104	67
23 268	98	68
23 235	113	69
23 261	85	63
23 263	82	53
23 307	106	72

Tabel 4: Antallet af total antal godkendte hændelser og godkendte hændelser større end 1mm nedbør

betydeligt ændres hvis nedbøren er på delvis fast form. Tillige er det ikke givet at den nedbør, det registres som regn ved jordoverfladen er flydende i den del af atmosfæren, hvor den måles af radarerne. Forholdene er dog ens for de to radarer, og resultaterne viser at denne periode ikke divergere væsentligt fra de øvrige 2. Det totale antal godkendte hændelser og antal hændelser større end 1 mm nedbør er angivet i tabel 4.

I undersøgelse er det sikret, at datagrundlaget for sammenligningen er fuldt sammenligneligt, hvilket betyder data kun er anvendt til kalibrering og sammenligning hvis begge radarer har fungeret, og data er tilgængelige. Dette betyder at radarens evne til at estimere nedbøren er kalibreret og evalueret under eksakt samme meteorologiske forhold. Generelt er der tilgængelige data for begge radarer i langt størstedelen af tiden, dog er LAWR radaren den radar med flest tilgængelige data. Radarernes procentvise data tilgængelighed er angivet i tabel 5.

	Periode 1	Periode 2	Periode 3
LAWR	97,8 %	98,7 %	99,8 %
DMI C-bånd	89,6 %	98,2 %	93,7 %

Tabel 5. Radarernes data tilgængelighed angivet i procent af den total periode længde

I undersøgelsen er fire af de otte SVK-regnmålere anvendt som kalibreringsregnmålere i såvel den statiske kalibrering som den dynamiske justering, hvorved de resterende fire SVK-regnmålere anvendes som valideringsregnmålere til validering af radarernes evne til at estimere nedbøren. Fordelingen mellem kalibrerings og validerings regnmålere er angivet i tabel 6 – denne fordeling er den samme for alle data perioder.

Kalibrering	Validering
23 157	23 235
23 218	23 261
23 252	23 263
23 268	23 307

Tabel 6. Fordeling af regnmålere anvendt som hhv kalibrerings- og valideringsmålere

Kalibrerings og justeringsmetoder

De to radarer typer måler indirekte nedbørsmængden i atmosfæren ud fra reflekteret mikrobølge stråling. For begge radarer gælder det, at de måler den reflekterede energimængde af den udsendte elektromagnetiske puls der afhænger direkte af nedbørens refleksionsegenskaber. Den væsentligste forskel mellem de to radartyper er, at C-båndsradaren måler den absolutte radarrefleksivitet z (mm^6/m^3), mens LAWR radaren måler en relativ værdi i Counts mellem 0 og 254 DRO ('Dimensionsløs Radar Output'), der er proportionalt radarrefleksiviteten af nedbøren. Dette betyder at der fundamentalt set anvendes forskellige relationer mellem DRO og regnintensiteten for LAWR radaren og relationen mellem dBz og regnintensiteten for C-bånds radaren.

I det følgende er først de to statistiske kalibreringsmetoder for hver radartype beskrevet og eksemplificeret, hvorefter den dynamiske justeringsmetode er beskrevet fælles for det to radar, da denne metode er uafhængig af radar typen.

Statisk kalibrering af LAWR – Den lineære regressions metode (Lin. Reg.)

Den lineære regressions kalibreringsmetode for LAWR radaren baserer sig grundlæggende på den empiriske lineære sammenhæng mellem radar outputtet (DRO) og regn intensiteten (i) foreskrevet i radarmanualen udarbejdet af DHI:

$$(1) i = \beta(r) \cdot DRO$$

Hvor i er regn intensiteten, DRO er LAWR radar outputtet og β er regressionskoefficienten, som beskriver det lineære forhold mellem DRO og regn intensiteten.

Da LAWR radaren opererer med en stor vertikal åbningsvinkel vokser samplingsvolumenet betydeligt med afstanden fra radaren, hvilket betyder at regressionskoefficienten β vokser med afstanden fra radaren. Denne afstandsafhængighed benævnes volumenkorrektionen og modelleres jf. DHI gennem følgende empiriske eksponential funktion:

$$(2) \beta(r) = C_1 \cdot \exp(C_2 \cdot r)$$

Hvor r er den radiale afstand fra radaren i kilometer og C_1 og C_2 er empiriske kalibreringskonstanter, der bestemmes i kalibreringsmetoden.

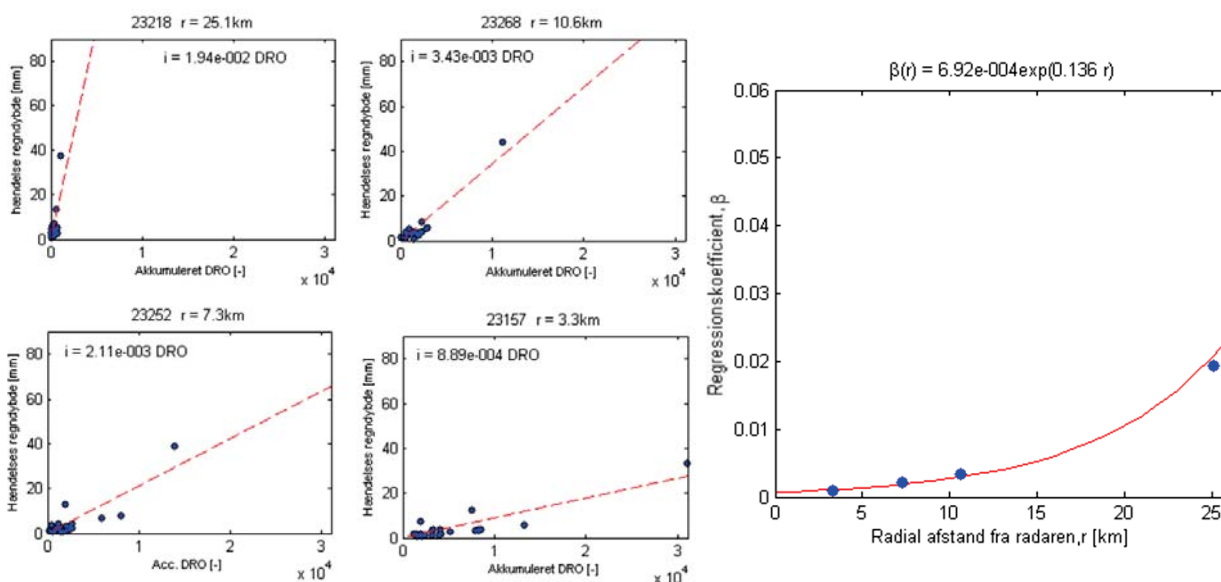
Princippet i kalibreringsmetoden er at regressionskoefficienten β bestemmes for hver kalibrerings-regnmåler ved hjælp af lineær regression mellem hændelses regndybde og korresponderende hændelses akkumuleret DRO for radaren i den radar pixel der dækker regnmåleren. Da det eksakte tidspunkt for regnhændelsens start og sluttidspunkt ikke kan bestemmes præcist ud fra SVK-regnmåleren er 'tidsvinduet' DRO akkumuleringen udvidet med 1 time forud for regnhændelsen og en time efter regnhændelsen.

Når β er bestemt for de fire kalibrerings regnmålere bestemmes kalibreringskonstanterne C_1 og C_2 gennem kurve-fit af ligning 2 i et (r, β) -plot. Denne kalibreringsmetode er eksemplificeret for periode 2 i figur 4, mens kalibreringskonstanterne C_1 og C_2 for samtlige 3 perioder er angivet i tabel 7.

Kalibreringskonstant	Periode 1	Periode 2	Periode 3
C_1	$3,656 \cdot 10^{-4}$	$6,924 \cdot 10^{-4}$	$9,203 \cdot 10^{-4}$
C_2	0,125	0,136	0,137

Tabel 7. Resultat for kalibreringskonstanterne C_1 og C_2 for den lineære regressions metode

Da C_2 parameteren varierer relativt lidt fra periode til periode, kan det af variationen C_1 parameteren ses, at hver DRO i periode 3 tilnærmelsesvis tæller dobbelt i forhold til periode 1, hvis der ses på hvad hver DRO omsættes til i regnintensitet. Dette kan være udtryk for ændringer i magnetronens emission og at der sker ændringer i typen af nedbør



Figur 4: Eksempel på den lineære regressions metode for periode 2. De fire plots til venstre viser den lineære regression mellem hændelses regndybde og akkumuleret hændelse DRO for de fire kalibrerings regnmålere. Plottet til højre illustrerer kurvetilpasningen af ligning 2 mellem den radiale afstand fra radaren og regressions koefficienten β .

I appendiks 1 er det undersøgt hvorvidt den lineære kalibreringsmetode er sammenlignelig med den metode der er brugt i DHI's kvartalsrapporter. Der er i analysen valgt at anlægge samme datasortering og fravælgelse af hændelser, som DHI har praktiseret. Dette er gjort for at undersøge om forskelligheder i kalibreringsmetode potentielt kunne virke til ugunst for LAWR radaren.

Dette er ikke tilfældet. Det er i appendiks 1 vist at den i denne undersøgelse anvendte lineære kalibreringsmetode faktisk er den mest nøjagtige.

Statisk kalibrering af LAWR – Den dobbelt eksponentielle metode (2exp)

Denne kalibreringsmetode adskiller sig konceptuelt betydeligt fra den lineære regressionsmetode. For det første anvender metoden et DRO afhængig (ikke lineær) sammenhæng mellem regn intensiteten og DRO. For det andet foregår kalibreringen direkte på regnens intensitet og ikke på hændelse akkumulerede nedbør. Dette betyder, at denne kalibrerings metode ikke nødvendigvis giver LAWR radaren bedre estimater for hændelses regndybde, men derimod gør radaren i stand til at beskrive intensitetsforløbet bedre gennem den enkelte regnhændelse.

Metoden er udviklet af Aalborg Universitet og tidligere testet på LAWR radar data fra Hvidovre LAWR, hvor resultatet gav ovennævnte forbedring. I Hvidovre LAWR radarens rækkevidde er der dog 35 SVK-regnmålere, hvilket utvivlsomt har en stor betydning for kalibreringsmetodens stabilitet. I denne undersøgelse anvendes, som beskrevet kun 4 kalibrerings regnmålere.

Den dobbelt eksponentielle kalibreringsmetode anvender følgende empiriske eksponentielle funktion til at beskrive sammenhængen mellem regn intensiteten i og DRO:

$$(3) \text{ For } DRO > 0: i = a \cdot \exp(DRO \cdot b) \quad , \quad \text{For } DRO = 0: i = 0$$

Hvor i er regn intensiteten, DRO er LAWR radar outputtet og a og b er model parametre.

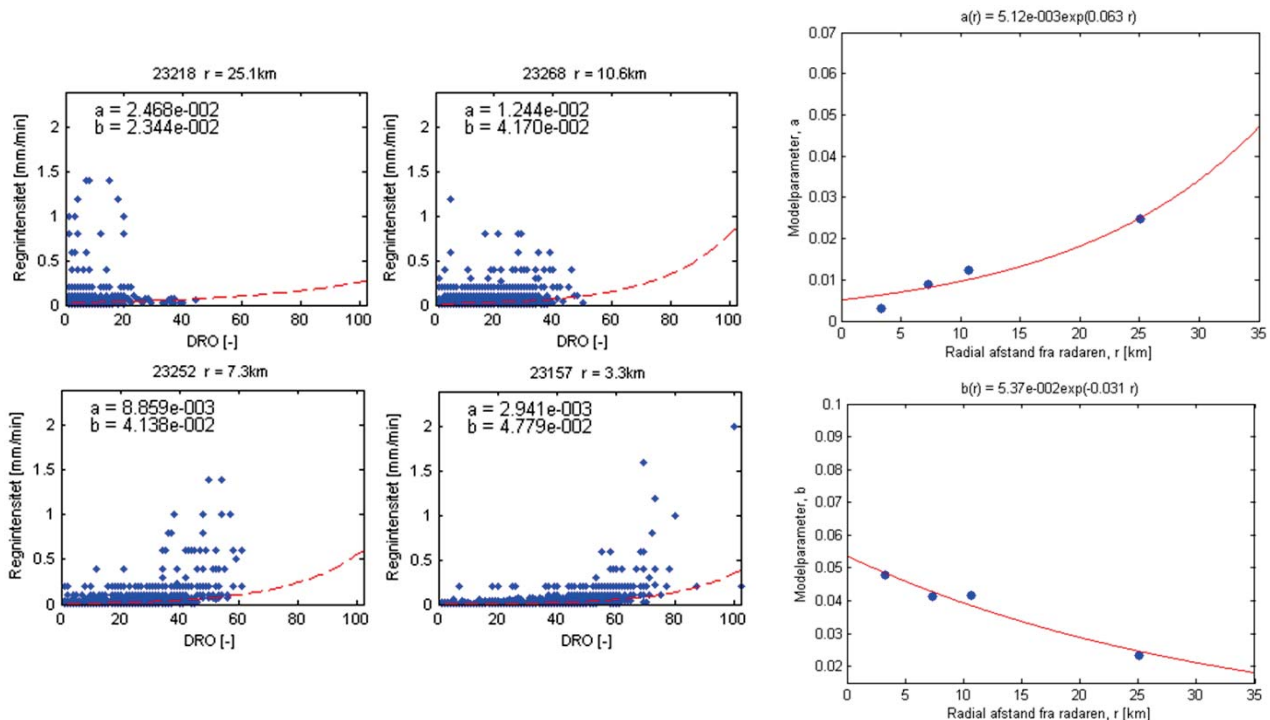
Grundet samme betragtning ang. voksende samplingsvolumen som for den lineære kalibrerings metode, er det forventeligt, at model-parametrene a og b afhænger af den radiale afstand fra radaren. Denne afstandsafhængighed modelleres i metoden gennem yderlige to empiriske eksponentielle funktioner (Heraf metodens navn):

$$(4) a(r) = C_{1a} \cdot \exp(r \cdot C_{2a})$$

$$(5) b(r) = C_{1b} \cdot \exp(r \cdot C_{2b})$$

Hvor r er den radiale afstand fra radaren i kilometer, a og b er model parametrene for ligning 3 og C_{1a} , C_{2a} , C_{1b} , C_{2b} er metodens kalibreringskonstanter.

Modelparametrene a og b bestemmes for hver kalibreringsregnmåler vha. kurve-fit af ligning 3 i et (DRO, i) -plot, hvor den regnmålermålte regnintensitet sammenholdes med korresponderende radar målt DRO i atmosfæren. Da den første regnintensitet i hver SVK-regnhændelse reelt er et konsekvens af SVK-regnmålerens virkemåde, er denne første regnintensitet i hver regnhændelse frasorteret (den er altid 0,2 mm/min).



Figur 5: Eksempel på den dobbelt eksponentielle kalibrerings metode for periode 2. De fire plots til venstre viser fittet af ligning 3 for de fire kalibrerings regnmålere. De to plots til højre viser afstandsafhængigheden for model parametrene a og b .

Kalibreringskonstanterne bestemmes herefter gennem yderlige 2 kurve-fits af ligning 4 og 5. Kalibreringsmetoden er eksemplificeret for periode 2 i figur 5, mens kalibreringskonstanterne for samtlige 3 perioder er angivet i tabel 8.

Kalibreringskonstant	Periode 1	Periode 2	Periode 3
C_{1a}	$5,413 \cdot 10^{-3}$	$5,118 \cdot 10^{-3}$	$9,471 \cdot 10^{-3}$
C_{2a}	$6,024 \cdot 10^{-2}$	$6,335 \cdot 10^{-2}$	$5,919 \cdot 10^{-2}$
C_{1b}	$3,536 \cdot 10^{-2}$	$5,369 \cdot 10^{-2}$	$4,785 \cdot 10^{-2}$
C_{2b}	$-0,884 \cdot 10^{-2}$	$-3,107 \cdot 10^{-2}$	$3,818 \cdot 10^{-2}$

Tabel 8. Resultat for kalibreringskonstanterne for den dobbelt eksponentiale metode

Da denne omsætningsmodel mellem regn intensiteten og DRO er betydelig mere kompleks end for den lineære regressions metode er det ikke muligt at drage samme simple konklusioner omkring betydningen af konstanternes variation dataperioderne imellem.

Statisk kalibrering af C-bånd – Kalibrering af Marshall-Palmers A og b (MPfit)

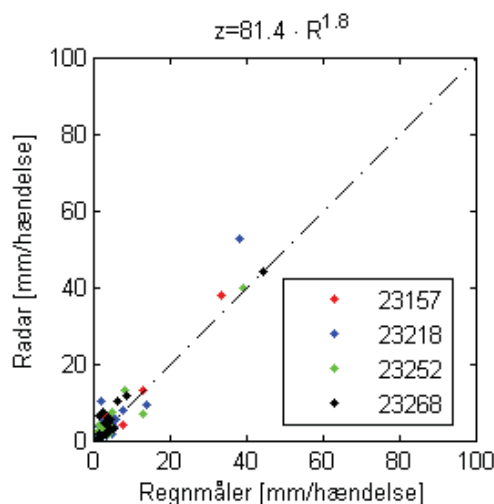
Regnens absolutte radarrefleksivitet z afhænger af nedbørens dråbestørrelsesfordeling DSD (Drop Dize Distribution). Radaren måler således ikke regnens intensitet direkte, men kan traditionelt beskrives gennem Marshall-Palmers ligning:

$$(6) \quad z = A \cdot R^b \Rightarrow R = \left(\frac{z}{A}\right)^{1/b}$$

Hvor R er regnens intensitet (mm/hr), z er regnes radarrefleksivitet (mm^6/m^3) og A og b Marshall-Palmers konstanter.

Selvom C-båndsradaren anvender en betydeligt smallere radar stråle end LAWR radaren, vokser måle voluminet også for denne radartype med afstanden fra radaren. Dette er det dog allerede korrigeret for i de anvendte C-bånds data, hvilket betyder relationen beskrevet i ligning 6 er uafhængig af afstanden fra C-båndsradaren.

Konstanterne A og b bestemmes i denne kalibreringsmetode ved at minimere den absolutte fejl mellem C-bånds radarens og regnmålerens regn estimat for de fire kalibrerings regn målere. Ligesom for den lineære regressions kalibreringsmetode for LAWR radaren, er regnestimatet der evalueres regnhændelsernes totale



Figur 6: Eksempel på direkte kalibrering af Marshall-Palmers konstanter A og b

regndybde. Ligeledes anvendes der et 'tidsvindue' for radar akkumuleringen, som strækker sig fra 1 time før regn hændelsens til 1 time efter hændelsens sluttidspunkt.

Kalibreringsmetoden er eksemplificeret for periode 2 som scatter-plottet i figur 6, mens Marshall-Palmer konstanterne for samtlige 3 perioder er angivet i tabel 9.

Kalibreringskonstant	Periode 1	Periode 2	Periode 3
Marshall-Palmer A	109,4	81,4	37,7
Marshall-Palmer b	3,7	1,8	1,8

Tabel 9. Resultat for Marshall-Palmer konstanterne A og b

Statisk kalibrering af C-bånd – Bias kalibrering med faste Marshall-Palmer konstanter (BIASfit)

Denne sidste statiske kalibreringsmetode er principielt meget lig den første kalibrerings metode for C-bånds radaren. Metoden tager også afsæt i Marshall-Palmers empiriske sammenhæng mellem regnens radarrefleksivitet og regnens intensitet. Forskellen består i, at der i denne metode anvendes faste konstanter for A og b, hvorefter radarens regnestimat korrigeres med en bias-kalibreringskonstant. Marshall-Palmer parametrene er fastholdt til værdien A=200 og b=1,6 og relationen er således givet ved:

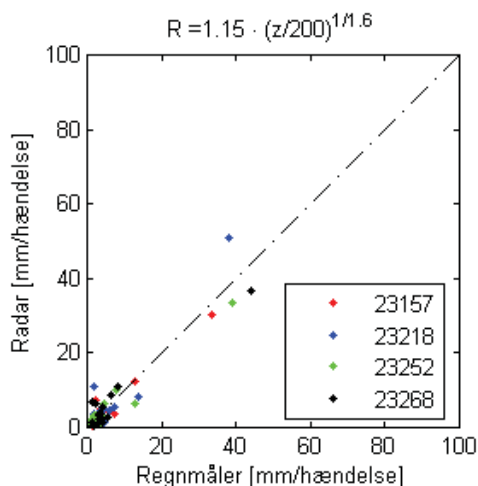
$$(7) R = C_{Bias} \left(\frac{z}{200} \right)^{1/1,6}$$

Bias-kalibreringskonstanten er lige som den første kalibreringsmetode bestemt ved at minimere den absolutte fejl mellem C-bånds radarens og regnmålerens regn estimat for de fire kalibrerings regn målere. Regnestimatet der evalueres er også her regnhændelsernes totale regndybde, ligesom der anvendes der et 'tidsvindue' for radar akkumuleringen, der strækker sig fra 1 time før regn hændelsens til 1 time efter hændelsens sluttidspunkt.

Kalibreringsmetoden er eksemplificeret for periode 2 som scatter-plottet i figur 7, mens bias konstanten er angivet i tabel 10 for samtlige 3 perioder.

Kalibreringskonstant	Periode 1	Periode 2	Periode 3
C_{Bias}	0,985	1,15	2,15

Tabel 10. Resultat for bias kalibrering med faste Marshall-Palmer konstanter: A = 200 og b = 1,6



Figur 7: Eksempel på direkte kalibrering af Marshall-Palmers konstanter A og b

Det ses her at – lige som C_1 parameteren for LAWR radaren – vokser bias korrektionen gennem de tre perioder med i alt en faktor 2. Dette bekræfter at variationen snarere skyldes meteorologiske variationer end måletekniske variationer

Det er almindeligt kendt, at Marshall-Palmers empiriske sammenhæng mellem regnintensiteten og radarrefleksiviteten varierer afhængig af de meteorologiske forhold for nedbøren. Front-regn, med en stor stedslig udbredelse indeholder typisk en dråbestørrelsesfordeling der er relativt mindre end konvektiv nedbør ved den samme regnintensitet, hvilket gør at Marshall-Palmer sammenhængen er anderledes. Det er derfor forventeligt, at se sæsonvariationer for parametrene A og b, som det også er tilfældet for de tre undersøgte data perioder (Tabel 9). Ligeledes er det også forventeligt at disse variationer er at finde for bias-kalibreringskonstanten, da Marshall-Palmer konstanterne er konstante i denne metode (Tabel 10).

Dynamisk justering ved hjælp af SVK-regnmålerne

Motivationen for den dynamiske justering er for det første, at de statiske kalibreringsparametre principielt kan variere under og imellem regnhændelser, hvis der sker ændringer i nedbørens dråbestørrelsesfordeling på grund af meteorologiske ændringer i atmosfæren. For det andet er det også en udfordring at anvende statisk kalibrerede radar data til realtids applikationer, da den statiske kalibrering ofte foretages bagud i tid, som det også er tilfældet for denne undersøgelse, op til måneder efter regnhændelsen har foregået.

Derfor, er der som supplement til de fire stationære kalibreringsmetoder også undersøgt, om det er muligt at forbedre radarernes evne til at estimere nedbøren, ved løbende at justere radarens nedbørsmåling gennem de 3 data perioder. Konceptet i justerings metoden er relativ enkel, og baserer sig på løbende at anvende den relative afvigelsen mellem regnes intensitet estimeret af radaren og observeret SVK-regnmålerne.

I metoden estimeres der således den dynamiske justeringsfaktor($dyn\beta$) for hvert tidsskridt, der beskriver det relative forhold mellem regnmåler-observationen og radar-estimeret. Til den dynamiske justering anvendes de før omtalte kalibreringsregnmålere som justeringsregnmålere, mens valideringsregnmålerne anvendes til validering af den dynamiske justering. Fordelingen mellem justeringsregnmålere og valideringsregnmålere er opgivet i tabel 11.

Dynamisk Justering	Validering
23 157	23 235
23 218	23 261
23 252	23 263
23 268	23 307

Tabel 11. Fordeling af justerings og validerings regnmålere

Den globale dynamiske justeringsfaktor ($dyn\beta$) beregnes som et middel af de lokale justerings faktorer for hver justeringsregnmåler til et hvert tidsskridt, t:

$$(8) \ dyn\beta_{Lokal(n,t)} = \frac{i_{svk(n,t)}}{i_{Radar(n,t)}}$$

$$(9) \ dyn\beta_{(t)} = \frac{(\sum_{n=1}^k dyn\beta_{Lokal(n,t)})}{n}$$

Hvor $i_{svk(n,t)}$ er regnens intensitet observeret i justerings regnmåler n til tiden t , $i_{Radar(n,t)}$ er den radar målte regnintensitet i korresponderende radar pixel n til tiden t , $dyn\beta_{Lokal(n,t)}$ er den lokale justeringsfaktor for regnmåler n til tiden t , $dyn\beta_{(t)}$ er den globale justeringsfaktor til tiden t og k er antallet af justeringsregnmålere.

Da det naturligvis ikke er givet, at der til et hvert tidspunkt observeres regn i alle justerings regnmålerne samtidigt, beregnes den globale justeringsfaktor $dyn\beta_{(t)}$ kun på baggrund af de justeringsregnmålere, hvor der er observeret nedbør. I perioder hvor ingen af justeringsregnmålerne observerer regn, antager justeringsfaktoren værdien 1, svarende til den statiske kalibrering. Som den sidste begrænsning, kan den dynamiske justering i metoden maksimalt justere den statiske kalibrering med en faktor 4 og minimum med en faktor $1/4$.

Den dynamiske justering er udført for begge radartyper med udgangspunkt i de fire statiske kalibreringsmetoder. Metoden for den dynamiske justering er ens for de to radartyper, men da LAWR radaren opererer med en 1 minuts opløsning, er justeringen foretaget på 1 minuts tidsskala for LAWR radaren, mens justeringen for C-båndsradaren er foretaget på en 10 minutters tidsskala.

Resultater

LAWR radarens og C-båndsradaren evne til at måle nedbøren i og omkring Vejle er undersøgt gennem følgende kvantitative og kvalitative sammenligninger.

- Akkumuleret nedbør for de 3 perioder
- 3 timers akkumuleret nedbør
- Nedbørens relative intensitetsfordeling
- Regnens intensitetsforløb for udvalgte hændelser

Akkumuleret nedbør for de 3 data perioder

For hver kalibrerings og validerings regnmåler er den af radarene estimeret totale regndybde fundet for de i alt fire statistiske kalibreringsmetoder. Det er her vigtig at pointere, denne regndybde ikke til svarer den faktiske for området, da akkumuleringen kun gælder for hændelser over 1mm og i perioder, hvor begge radar har fungeret. Til gengæld er estimererne fuldt sammenlignelige radarer og kalibreringsmetoder imellem.

Kalibreringsmetoderne for LAWR og C-båndsradaren er evalueret ud fra to kvalitetsmål: RMSE (Root Mean Square Error) og APF (Absolutte Procentvise Fejl). Kvalitetsmålene er beregnet særskilt for kalibreringsregnmålerne og valideringsregnmålerne, og er defineret som:

Root Mean Square Error (RMSE) her i mm:

$$(10) \text{ RMSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\text{Est.}_{\text{Radar}} - \text{Obs.}_{\text{svk}})^2}$$

Absolutte procentvise fejl (APF) i %:

$$(11) \text{ APF} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{\text{ABS}(\text{Est.}_{\text{Radar}} - \text{Obs.}_{\text{svk}})}{\text{Obs.}_{\text{svk}}} \right) \cdot 100\%$$

Hvor $\text{Est.}_{\text{Radar}}$ er radar estimerer og Obs._{svk} observationen i svk regnmåleren

De akkumulerede nedbørsmængder er angivet i tabel 12, hvor kvalitetsmålene også er opgivet. Som det fremgår af tabellen, har LAWR radaren store problemer med at estimere nedbøren over SVK-måler: 23 263, hvorfor det har været nødvendigt at frasortere denne måler fra beregningen af kvalitetsmålene for valideringsregnmålerne.

Generelt kan det konstateres, at C-bånds radaren estimerer den akkumulerede nedbørsmængde tættere på SVK-måler observationerne end LAWR radaren. For periode 2 ligger (Lin. Reg.)-metoden dog meget lig (MPfit)-metoden. Ydermere kan det konstateres, at mens C-båndsradaren performer relativt ens for de 3 dataperioder, mens LAWR radaren performer mere varieret. Hvilken af de to statistiske kalibreringsmetoder for C-bånds radaren, der performer bedst, kan ikke direkte konkluderes ud fra disse resultater, da periode 1 er bedst estimeret af (MPfit)-metoden, periode 2 er bedst estimeret af (BIASfit)-metoden og periode 3 er splittet mellem kalibrering og validering. Generelt er C-bånds radaren væsentlig bedre.

Periode 1: 1. januar – 30. april

	Regnmåler		Vejle LAWR		Vurring C-bånd	
	Svk nr	[mm]	Lin. Reg. [mm]	2exp[mm]	MPfit [mm]	BIASfit [mm]
Kalibrering	23 157	63,4	70,2	89,4	61,0	56,9
	23 218	89,0	44,2	14,8	88,1	92,0
	23 252	73,6	59,2	54,2	65,0	61,1
	23 268	75,0	61,0	45,8	78,7	75,0
	RMSE [mm]		24,8	43,0	4,9	7,2
	APF [%]		24,8	47,4	5,4	7,7
Validering	23 235	71,0	54,2	44,5	65,5	62,6
	23 261	86,4	67,5	84,7	72,7	67,5
	23 263	-	-	-	-	-
	23 307	73,6	56,6	24,2	73,8	77,7
	RMSE [mm]		17,6	32,4	8,5	12,2
	APF [%]		22,9	35,5	8,0	13,1

Periode 2: 1. maj – 31. juni

	Regnmåler		Vejle LAWR		Vurring C-bånd	
	Svk nr	[mm]	Lin. Reg. [mm]	2exp[mm]	MPfit [mm]	BIASfit [mm]
Kalibrering	23 157	92,8	117,8	133,7	107,5	85,2
	23 218	106,2	124,6	14,8	135,7	116,1
	23 252	97	89,0	49,1	106,6	85,0
	23 268	102,4	100,3	39,4	121,7	100,0
	RMSE [mm]		16,1	63,8	19,7	8,7
	APF [%]		13,6	60,3	18,1	8,1
Validering	23 235	95,2	100,6	47,3	117,3	92,4
	23 261	117,2	99,0	116,2	127,7	106,3
	23 263	137,8	2,8	1,4	98,4	80,6
	23 307	80,4	97,5	15,5	85,7	69,2
	RMSE [mm]		14,8	46,6	14,5	9,2
	APF [%]		14,2	44,0	12,9	8,7

Periode 3: 1. juli – 30. september

	Regnmåler		Vejle LAWR		Vurring C-bånd	
	Svk nr	[mm]	Lin. Reg. [mm]	2exp[mm]	MPfit [mm]	BIASfit [mm]
Kalibrering	23 157	270,4	294,3	311,8	281,5	260,5
	23 218	328,0	133,2	16,2	309,9	293,0
	23 252	300,6	187,0	122,6	302,9	291,6
	23 268	288,0	170,8	81,9	278,6	255,5
	RMSE [mm]		127,6	208,0	11,7	24,8
	APF [%]		36,7	60,3	3,4	7,2
Validering	23 235	288,8	172,4	97,5	319,1	305,4
	23 261	286,6	252,5	261,7	289,3	269,7
	23 263	264,4	2,5	1,6	232,2	217,3
	23 307	319,8	166,5	30,7	342,4	324,4
	RMSE [mm]		112,9	200,7	21,9	13,9
	APF [%]		33,4	55,1	6,2	4,4

Tabel 12: Akkumuleret nedbør for de tre data perioder med fremhævnning af laveste RMSE og APF. I beregningen af RMSE og APF for valideringsregnmålerne måler nr: 23263 ikke anvendt, da LAWR radaren har store problemer med at estimere nedbøren for denne måler. Radar og kalibreringsmetode med den laveste RMSE og APF er understreget.

3 timers akkumuleret nedbør

Formålet med denne sammenligning er at belyse radarernes evne til at differentiere perioder med kraftig regn fra mindre intense perioder. Ved at sammenligne akkumuleret nedbør over en fast tidsperiode, i dette tilfælde 3 timer, er det kvantitativ og kvalitativt muligt at undersøge hvor godt radarerne er i stand til at estimere de længerevarende variationer i nedbørsintensiteten.

3 timers nedbøren er bestemt for SVK-regnmålerne og for radarerne såvel statisk som dynamisk. For hver SVK-regnmåler i undersøgelsen er udformet et Scatter-Plot, med regnmåler observationen som abscisse (x-akse) og med radar estimatet som ordinat (y-akse). Dette betyder, at hvis radaren estimerer den samme mængde nedbør, som observeret i regnmåleren, så ligger punkterne i scatter-plottet langs vinkelhalveringslinjen. Eksempler på Scatter-plots med vinkelhalveringslinje er illustreret i figur 8 for valideringsregnmåler 23 235. I bilag 1 kan en samlet serie af plots findes, som indeholder samtlige metoder og regnmålere.

I realiteten vil punkterne i scatter-plottet ikke følge vinkelhalveringslinjen perfekt, da usikkerheder i radarmålingen, usikkerheder i regnmålermålingen, forskelle i radarens og regnmålerens målemetode samt forskelle i egenskaberne for nedbørsmålingen altid vil betyde en spredning i scatter-plottets punkter (scatter). Relativt, fortæller graden af hvor godt punkternes følger vinkelhalveringslinjen dog hvor godt radaren er i stand til at adskille kraftig 3 timers nedbør fra svag 3 timers nedbør.

Kvalitetsmålet der er anvendt i denne sammenhæng er R^2 beregnet i forhold til vinkelhalveringslinjen og er defineret som:

$$(12) \quad R^2 \equiv 1 - \frac{SS_{err}}{SS_{tot}}$$

Hvor SS_{err} er summen af de kvadrerede residualer mellem radar estimatet og vinkel halveringslinjen, f :

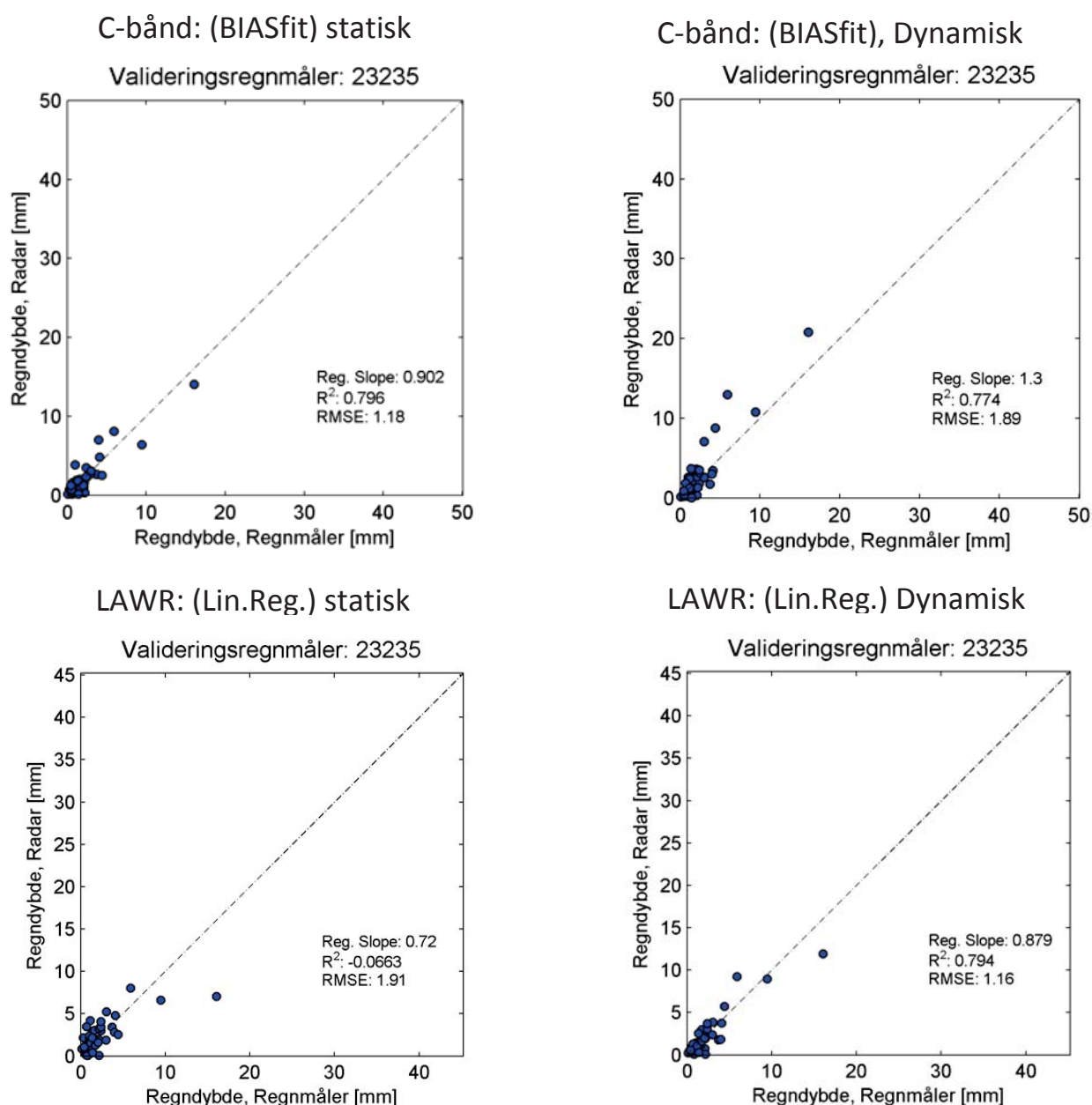
$$(13) \quad SS_{err} = \sum_i (Radars_{Est(i)} - f(i))^2$$

Og SS_{tot} er summen af den kvadrerede forskel mellem radar estimerne og gennemsnittet af radar estimerne (proportional med radar estimerens varians):

$$(14) \quad SS_{tot} = \sum_i (Radars_{Est(i)} - \overline{Radars_{Est}})^2$$

Af ligning 12, kan der således ses, at hvis punkterne i scatter-plottet følger vinkelhalverings perfekt ($SS_{err} = 0$) bliver $R^2 = 1$. Omvendt kan det også ses, at hvis radar estimerne afviger mere fra vinkelhalveringslinjen end estimerne afviger fra radar estimerens middelværdi bliver R^2 negativ. I realiteten betyder det for en negativ R^2 , at middelværdien af radarestimerne beskriver regnmåler observationerne med en større nøjagtighed end de individuelle radarestimateter.

Af figur 8, kan det ses for det illustrerede eksempel, at den statiske kalibrering for LAWR radaren giver en negativ R^2 , mens den dynamiske justering forbedre LAWR radarens estimer betydeligt. C-bånds radaren præsterer udmærket statisk, hvilket naturligvis betyder, at der ikke er den store effekt af den dynamiske justering.



Figur 8: Eksempler på scatter-plot mellem 3 timers akkumuleret nedbør observeret i regnmåler og estimeret af radarerne. Den statiske kalibreringsmetode illustreret er (BIASfit)-metoden for C-bånds radaren (øverst) og (Lin.Reg.)-metoden for LAWR radaren (nederst). I bilag 1 kan en samlet serie af plots findes, som indeholder samtlige metoder og regnmålere.

I tabel 13 er R^2 angivet for de 3 perioder, de 8 regnmålere og for de såvel statisk kalibrerede og dynamisk justerede data. De enkelte scatter-plots kan findes i bilag 1.

Generelt kan det konstateres, at C-båndsradaren for langt de fleste regnmålere er i stand til at beskrive de observerede variationerne i 3 timers regndybden bedre end LAWR radaren. Ydermere kan det også konstateres at mens C-båndsradaren præsterer relativt ens perioderne imellem (dog med et par enkelte undtagelser), mens LAWR radaren præsterer meget varierende. Det samme gør sig gældende for

kalibrerings-/justerings- mod valideringsregnmålerne, hvor C-båndsradaren præsterer forholdsvis på samme niveau kalibrering/justering imellem, varierer dette niveau mere for LAWR radaren.

Periode 1: 1. januar – 30. april

		Vejle LAWR				Virring C-bånd			
		Lin. Reg.		2exp		MPfit		BIASfit	
	Svk nr	Statisk R ²	Dyn R ²	Statisk R ²	Dyn R ²	Statisk R ²	Dyn R ²	Statisk R ²	Dyn R ²
Kalibrering /justering	23 157	-0,054	0,711	-0,173	0,581	0,426	0,931	0,460	0,745
	23 218	-0,247	-0,616	-3,330	-3,35	0,468	0,783	0,520	0,467
	23 252	0,104	0,899	-0,148	0,820	0,301	0,948	0,483	0,847
	23 268	0,320	0,551	-0,252	0,335	0,595	0,760	0,529	0,671
Validering	23 235	0,084	0,842	-0,371	0,679	0,469	0,949	0,464	0,739
	23 261	0,212	0,0961	0,553	0,271	0,327	-0,383	0,461	0,031
	23 263	-	-	-	-	-	-	-	-
	23 307	0,141	0,185	-1,43	-1,55	0,525	0,909	0,602	0,520

Periode 2: 1. maj – 31. juni

		Vejle LAWR				Virring C-bånd			
		Lin. Reg.		2exp		MPfit		BIASfit	
	Svk nr	Statisk R ²	Dyn R ²	Statisk R ²	Dyn R ²	Statisk R ²	Dyn R ²	Statisk R ²	Dyn R ²
Kalibrering /justering	23 157	0,269	0,729	0,564	0,462	0,764	0,319	0,714	0,282
	23 218	0,358	0,944	-48	-14,2	0,810	0,815	0,806	0,732
	23 252	-0,329	0,710	-5,38	0,475	0,842	0,940	0,813	0,921
	23 268	0,343	0,919	-10,7	-0,270	0,755	0,454	0,698	0,412
Validering	23 235	-0,066	0,794	-6,81	0,270	0,799	0,777	0,796	0,774
	23 261	-0,472	0,697	0,595	0,802	0,897	0,842	0,865	0,807
	23 263	-3400	-1150	-1960	-309	-1,15	0,31	-2,32	0,493
	23 307	0,054	0,646	-30,8	-5,8	0,836	0,503	0,808	0,596

Periode 3: 1. juli – 30. september

		Vejle LAWR				Virring C-bånd			
		Lin. Reg.		2exp		MPfit		BIASfit	
	Svk nr	Statisk R ²	Dyn R ²	Statisk R ²	Dyn R ²	Statisk R ²	Dyn R ²	Statisk R ²	Dyn R ²
Kalibrering /justering	23 157	0,436	0,670	0,486	0,653	0,651	0,680	0,606	0,417
	23 218	-0,851	-1,92	-38,4	-15,2	0,382	0,685	0,441	0,582
	23 252	-0,379	0,741	-2,71	0,500	0,593	0,897	0,454	0,851
	23 268	-1,120	0,110	-6,8	-1,14	0,417	0,893	0,507	0,867
Validering	23 235	-0,465	0,639	-4,27	-0,133	0,604	0,584	0,546	0,464
	23 261	0,088	0,751	0,276	0,824	0,619	0,642	0,601	0,491
	23 263	-6110	-2940	-2260	-585	-0,131	0,253	-0,171	0,176
	23 307	-1,65	-1,74	-17,4	-10,2	0,526	0,732	0,561	0,619

Tabel 13: R² for 3 timers akkumuleret nedbør fordelt på periode, radarer, kalibrerings og justeringsmetode. Fremhævet er de højeste R² værdier for hver SVK-regnmåler.

Forbedringen, der kan opnås ved at anvende ved dynamisk justering, er klart størst for LAWR radaren. Dog skyldes denne forbedring primært, at det statiske udgangspunktet for LAWR radaren er betydeligt ringere end det statiske udgangspunktet for C-bånds radaren.

Ses der isoleret på de statiske kalibreringer, er det særligt iøjnefaldende, hvor få regnmålere LAWR radaren har positiv R^2 for. For periode 3 betyder det således at LAWR radaren, selvom den er statisk kalibreret på selv samme data-periode, kun er i stand til at beskrive variationerne i 3 timers akkumuleret nedbør for én kalibrerings regnmåler og én validerings regnmåler med en nøjagtighed der er større end middel af radar estimatet for den samlede dataperiode.

Overordnet må det konstateres, at LAWR radaren ikke er i stand til at adskille perioder med kraftig regn fra perioder med mindre intens regn på tilfredsstillende vis. Problemet reduceres ved dynamisk justering, men generelt estimerer C-båndsradaren variationerne betydeligt bedre.

Nedbørens relative intensitetsfordeling

Formålet med denne sammenligning er undersøge, hvordan regnens relative intensitetsfordeling observeret i regnmålerne korresponderer regnintensiteten estimeret af radaren. Til dette formål er regnintensitetens fordelingsfunktion, CDF (Cumulative Distribution Function) beregnet.

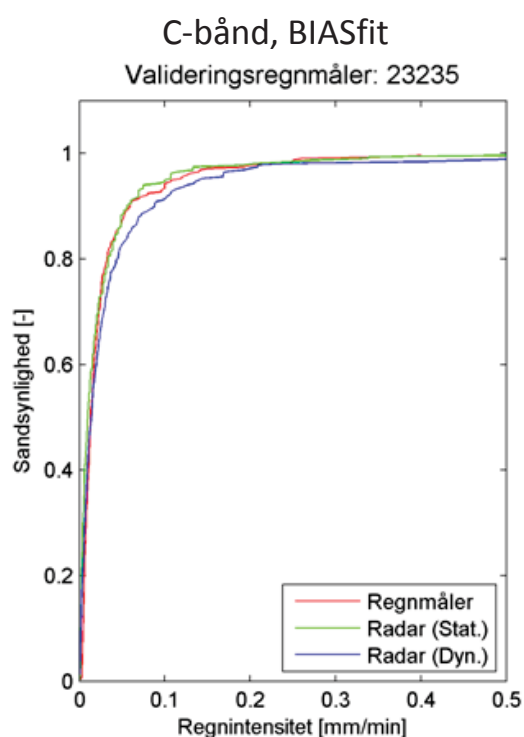
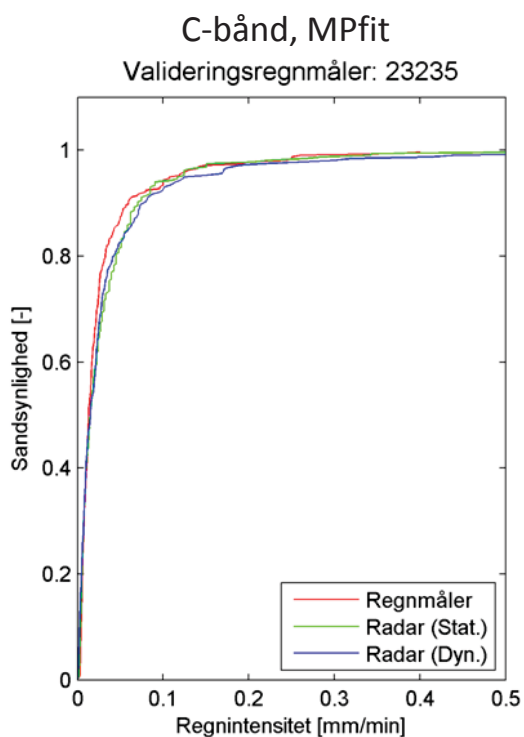
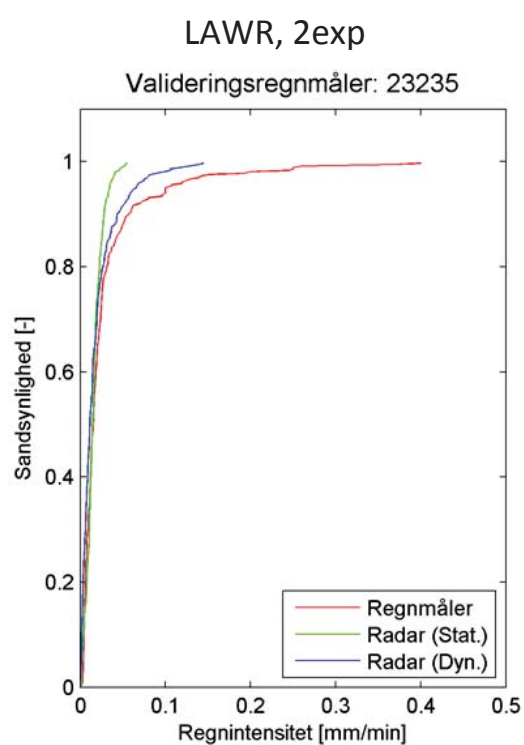
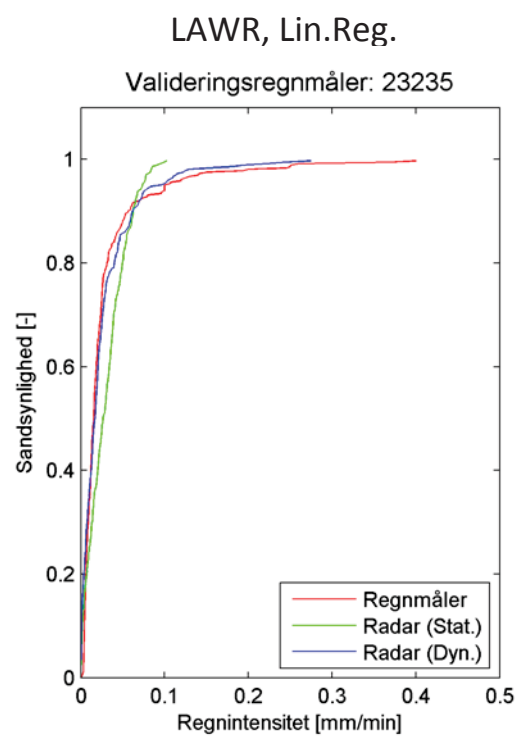
Da de to radar typer opererer med forskellig tidslig opløsning, er det valgt at beskrive regnens relative intensitets fordeling for 10 minutters middel-regnintensiteter. Dette betyder at regnmålerobservationer og LAWR radarens estimerer er midlet over 10 minutter for at blive sammenlignelige med C-båndsradaren intensitetsestimater. Hvis det var tilfældet, at begge radarer var i stand til at præsterede 10 minutters middel intensitetsfordelinger, der i ens grad repræsenterede observationerne i regnmålerne, ville det naturligtvis være relevant at se på et minuts intensiteter. Dette er imidlertid ikke tilfældet, som det også kan ses af det illustrerende eksempel i figur 9. Figur 9 indeholder kun fordelingsfunktionerne for periode 2 for valideringsregnmåler: 23 235, mens de resterende fordelingsfunktioner kan findes i bilag 2.

Det generelle indtryk af radarernes evne til at beskrive intensitetsfordeling observeret i regnmålerne, stemmer godt overens med det illustrerende eksempel i figur 9. Generelt viser fordelingsfunktionerne, at LAWR radaren har betydelige problemer med at repræsentere observationerne i regnmålerne, hvorimod C-bånds radaren i langt de fleste tilfælde estimerer en fordeling, der ligger tæt på den observerede fordeling for regnmålerne.

For de statistisk kalibrerede data (de grønne kurver) er den generelle tendens for LAWR radaren at (Lin.Reg.)-metoden giver en fordeling for nedbørens intensitet, der har en for høj sandsynlighed for de lave intensiteter, og en for lav sandsynlighed for de høje intensiteter i forhold til regnmålerne. Dette betyder i realiteten (Lin.Reg.)-metoden, har tendens til at overestimere de lave intensiteter, og underestimere de høje regnintensiteter. Ydermere er det gældende de 3 dataperioder at LAWR radaren med (Lin.Reg.)-metoden, har en maksimalt estimeret 10 minutters regn intensitet, der for de fleste regnmålere er mindre end 0,1mm/min, hvilket set i lyset af regnmåler observationernes er urealistisk lav.

(2exp)-metoden for LAWR radaren har tendens til at estimere den nedre del af intensitetsfordelingen med større overensstemmelse med observationerne i regnmålerne. Dette gør sug imidlertid ikke gældende for øvre del og (2exp)-metoden giver generelt også urealistiske lave maksimale intensiteter for hovedparten af regn målerne.

Den dynamiske justering af LAWR radaren, giver fordelinger, der ligger tættere på regnmålerobservationen, men det generelle indtryk er dog stadig, at C-båndsradaren uanset kalibrerings metode og i de fleste tilfælde uden dynamisk justering præsterer intensitetsfordelinger, der er mere lig observationen end den dynamiske kalibrerede LAWR radar.



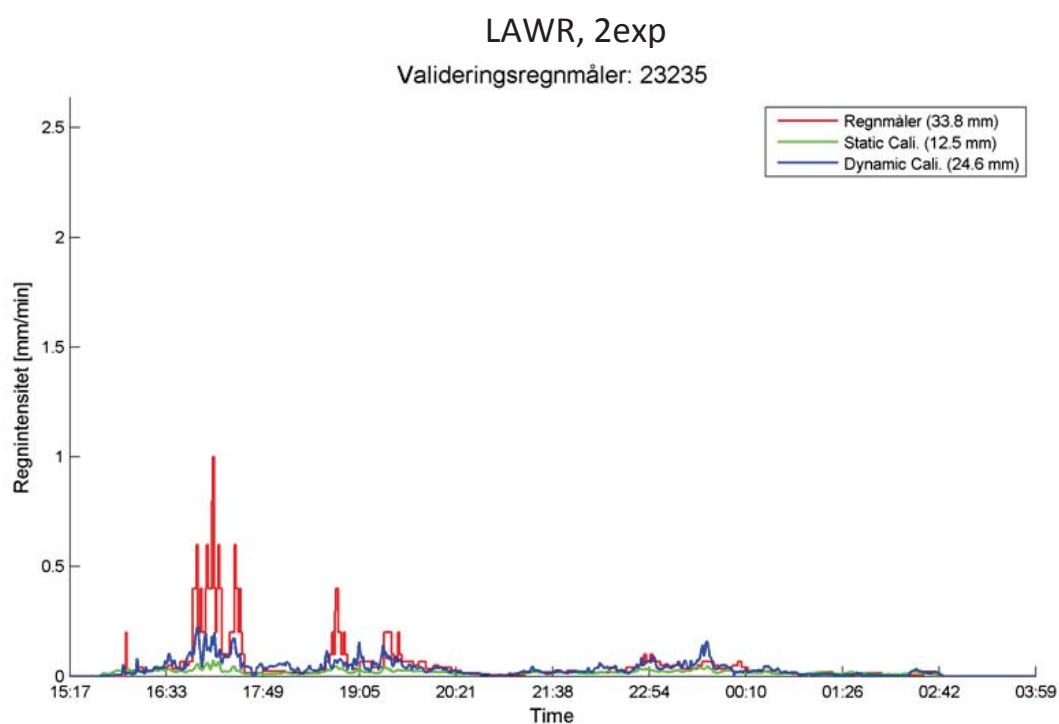
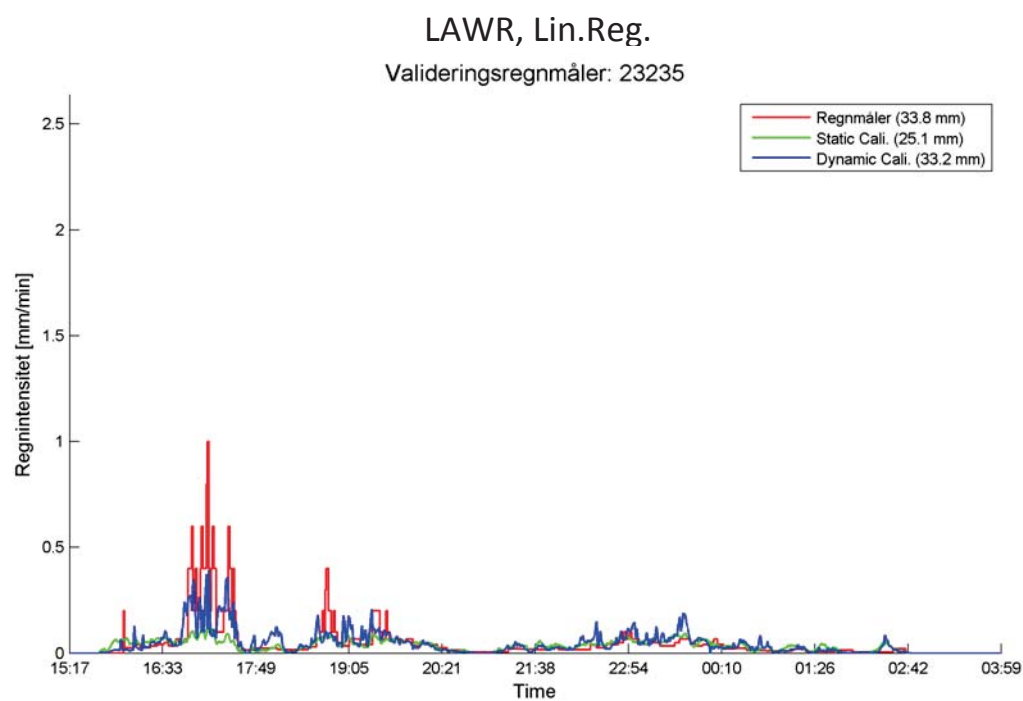
Figur 9: Eksempler på nedbørens relative intensitetsfordeling radar. Intensitetsfordelingen er gælder for 10min middel intensitet.

Regnens intensitetsforløb for udvalgte hændelser

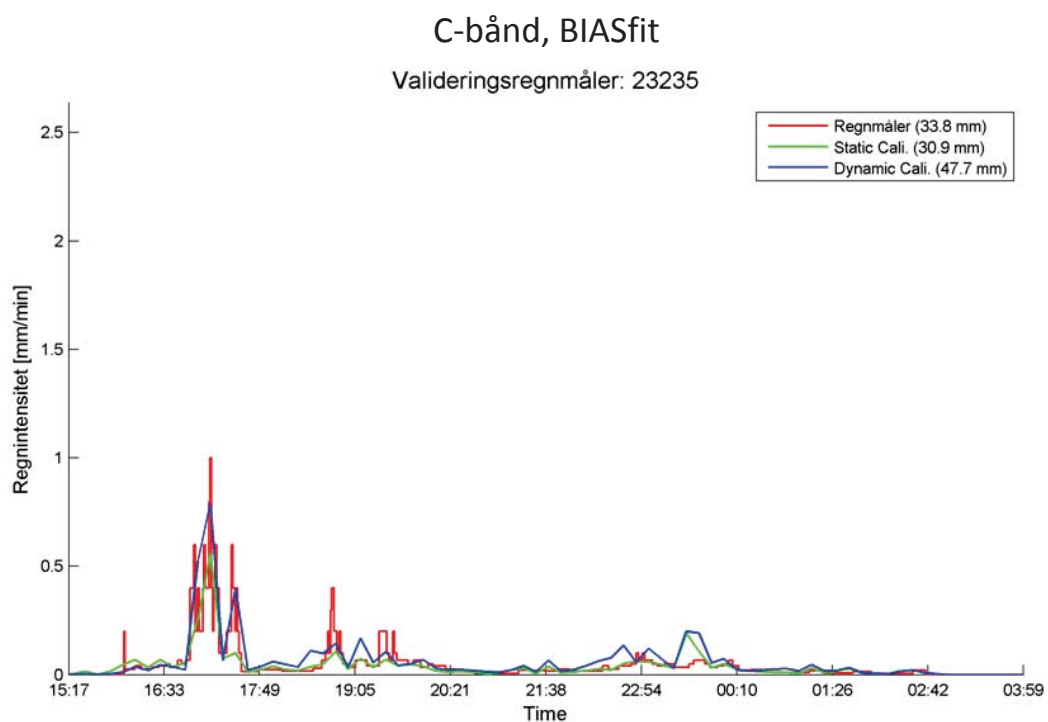
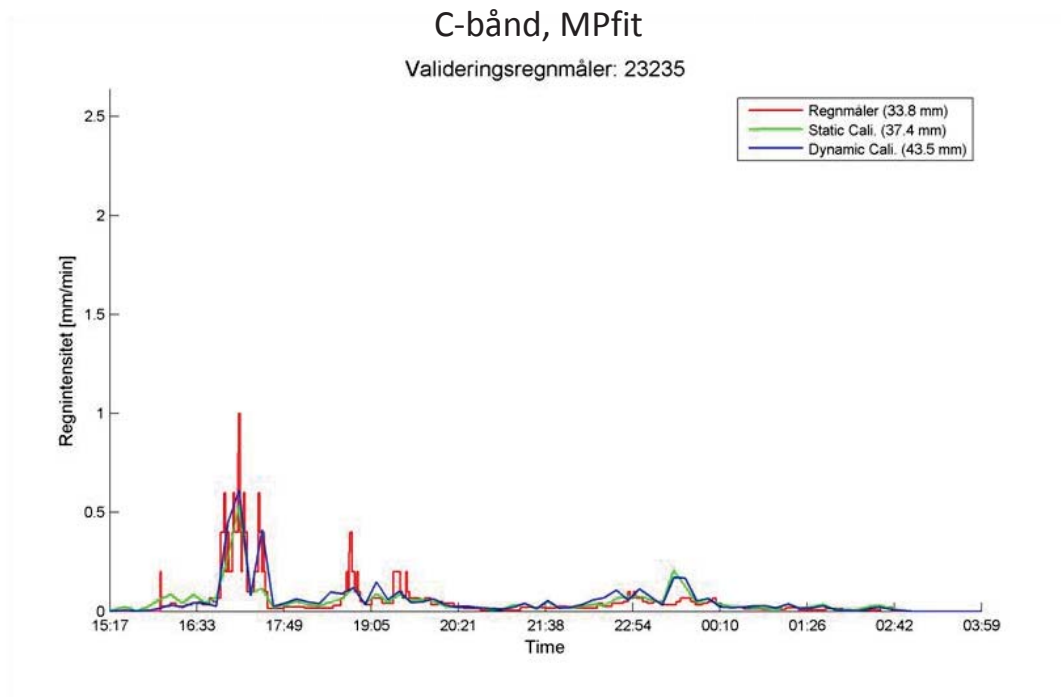
For 3 udvalgte hændelser i hver data periode er tidsserierne for de statisk kalibrede, dynamisk justerede radar data plottet for de 8 regnmålere. Hændelserne er udvalgt således at, hændelser med stor regn dybde, lang varighed, perioder med høje regnintensiteter og perioder med lave regnintensiteter på den ene eller anden vis er repræsenteret i de udvalgte hændelser. Regnhændelserne kan findes i bilag 3, mens der i figur 10 og figur 11 er vist et eksempel for validerings regnmåler nr. 23 235 fra periode 2.

Figur 10 og 11 illustrerer den for LAWR radarens mest iøjnefaldende svaghed, når plottene i bilag 3 inspiceres – LAWR radarens manglende evne til at estimere perioder med højere regnintensiteter. Som det ses af figur 10, er der ifølge LAWR radarens statiske kalibrering (Grønne serier), ingen betydelig forskel på den første og sidste del af regnhændelsen, hvilket åbenlyst divergerer fra regnmålerens observationer. Den dynamiske justering hæver intensitetsniveauet for den første del af hændelsen, men som det også kan ses, er justeringen ikke nok til at estimere peak-intensiteterne. Justeringen betyder dog, at akkumulerede volumen hændelsen bliver meget lig regnmåler observation – specielt for (Lin.Reg.) kalibrerede LAWR data.

For C-bånds radaren, er det tydeligt, at denne radartype ikke har de samme problemer med at differentiere mellem de højere intensiteter i starten af regnhændelsen og det lavere niveau i den sidste del. Hvorvidt der opnås forbedringer ved den dynamiske justering, er svært at sige – peak-intensiteterne bliver muligvis en anelse bedre, men gør det akkumulerede volumen derimod ikke.



Figur 10: Tidsserier over nedbørens intensitetsforløbet for valideringsregnmåler 23 235 estimeret af LAWR radaren.



Figur 11: Tidsserier over nedbørens intensitetsforløbet for valideringsregnmåler 23 235 estimeret af C-bånds radaren.

Konklusion

Udgangspunktet har i denne analyse været at sammenligne 2 forskellige radarer mod regnmålere i Vejle by. Det har givet mulighed for at besvare spørgsmålet om den relative nøjagtighed af Vejles LAWR radar. Der er valgt at sammenligne de to radarer med så få begrænsninger på de udvalgte regn hændelser som mulig, da det ofte ikke er muligt at sortere i regn hændelserne i en realtidsanvendelse. De to radarer er derfor vurderet på et datagrundlag der ikke favoriserer hverken den ene eller den anden radar.

LAWR radaren er forsøgt kalibreret med 3 forskellige metoder, der hver baserer sig på sit eget princip. De tre principper er: Lineær, ikke-lineær og dynamisk kalibrering. Det skal bemærkes at Vejle LAWR indtil nu kun har kørt med en form for lineær kalibrering.

Den gennemførte analyse peger på en række klare observationer:

- Vejle LAWR radar kan ikke på tilfredsstillende vis måle kraftige regn intensiteter (tilsyneladende ikke over ca. 0,1 mm/min).
- Både niveauet og den relative fordeling af akkumuleret nedbør mellem de enkelte regnmålere er ikke så tilfredsstillende med LAWR radaren som man kunne forvente. Dette gælder både i kalibrering og validering.
- Vejle LAWR kan ikke på tilfredsstillende vis måle en intensitetsfordeling der er sammenlignelig med regnmålerne.
- De anvendte kalibreringsmetoder er verificeret imod de publicerede kalibreringskonstanter i DHI's kvartalsrapporter med samme eller bedre resultater.
- Det er teknisk muligt at forbedre Vejle LAWR ved at anvende dynamisk kalibrering af radaren. DMI's C-bånds radar i Virring vil imidlertid med en simpel statisk kalibrering stadig være bedre til at måle nedbør, der skal bruges til styring og regulering.

Det ses at C-bånds radaren i Virring er i bedre overensstemmelse med regnmålerne observationer. Dette er til trods for: 3-10 gange længere afstand til regnmålerne, 4 gange grovere stedslige opløsning og 10 gange grovere tidslig opløsning.

Samlet må det konkluderes at Vejle LAWR i dens nuværende konfiguration ikke opfylder forventningerne til en vejrradar, der skal anvendes til styring og regulering af afløbssystem og renseanlæg.

Referencer

DHI, 2010, "DHI – Local Area Weather Radar LAWR Documentation"

DHI, 2011, "Analyse af nedbør d. 12.-13. juli 2010 over Bredballe"

DHI, 2011, "Data-service-rapport for Vejle LAWR 1. kvartal 2011 + april"

DHI, 2011, "Data-service-rapport for Vejle LAWR 2. kvartal 2011 (maj + juni)"

DHI, 2011, "Data-service-rapport for Vejle LAWR 3. kvartal 2011"

Nielsen, J.E., Rasmussen, M.R., 2011, "Improved X-band Weather Radar Calibration Method"

Thorndahl, S., Rasmussen, M.R., 2011, "Marine X-band weather radar data calibration", Atmospheric Research.

Appendiks 1

Den statiske kalibreringsmetode: Den lineære regressions metode (Lin.Reg.), som er anvendt for LAWR radaren, er sammenlignelig med kalibreringsmetoden DHI anvender i kvartalsrapporteringen for Vejle LAWR. (Lin.Reg.)-metoden baserer sig på sammen grundlæggende sammenhænge mellem radar outputtet (DRO), afstanden fra radaren og regnens intensitet. Parametrene bestemt ved (Lin.Reg.)-metoden er således fuldt sammenlignelige med konverteringsparametrene angivet i Vejle LAWR's kvartalsrapporter.

(Lin.Reg.)-metoden afviger dog rent matematisk i måden hvorpå parametrene bestemmes, da metoden anvender en kombination af lineærregressionsanalyse og kurveoptimering (kurve-fit) til at estimere model parametrene, som beskrevet denne rapports afsnit om kalibrerings- og justeringsmetoder. Dette er ikke baggrunden for konverteringsparametrene angivet i Vejle LAWR's kvartalsrapporter, hvorfor der kan forventes afvigelser i parametrene, selvom parametrene er ens metoderne imellem.

Det er undersøgt hvorvidt den lineære kalibreringsmetode er sammenlignelig med den metode der er brugt i DHI's kvartalsrapporter, for herigennem at dokumentere, at den lineære kalibreringsmetode ikke virker til ugunst for LAWR radaren

Metodernes sammenlignelighed er analyseret og dokumenteret ved at anlægge samme periode-inddeling og data sortering, som DHI har praktiseret i kvartalsrapporterne med hensyn til anvendte regnmålere, data perioder og regn hændelser.

Generelt for kvartalsrapporterne gælder det, at kalibreringen kun er foretaget på hændelser over 5mm, mens data perioden for kalibreringen varierer fra rapport til rapport, som angivet i tabel 1A. Ligeledes varierer antallet af regnmålere anvendt i kalibreringen rapporter imellem.

Parametrene C_1 og C_2 estimeres generelt mere stabilt hva. (Lin.Reg.) sammenlignet med metoden anvendt i kvartalsrapporterne. Dette gælder specielt for C_1 parameteren som det kan ses af Tabel 1A.

Periode 1			
Måned	Parameter	Lin. Reg.	DHI Par.
Feb-April	C_1	$3,44 \cdot 10^{-4}$	$4,3 \cdot 10^{-4}$
	C_2	0,1402	0,1346
Periode 2			
Måned	Parameter	Lin. Reg.	DHI Par.
17. maj til 1. juni	C_1	$3,84 \cdot 10^{-4}$	$4,4 \cdot 10^{-4}$
	C_2	0,1616	0,1662
juni	C_1	$8,66 \cdot 10^{-4}$	$36,7 \cdot 10^{-4}$
	C_2	0,1474	0,0453
Periode 3			
Måned	Parameter	Lin. Reg.	DHI Par.
Juli	C_1	$6,24 \cdot 10^{-4}$	$7,0 \cdot 10^{-4}$
	C_2	0,1721	0,1935
August	C_1	$7,65 \cdot 10^{-4}$	$13 \cdot 10^{-4}$
	C_2	0,2443	0,2186
September	C_1	$1,04 \cdot 10^{-4}$	$12 \cdot 10^{-4}$
	C_2	0,2228	0,2665

Tabel 1A: Parametre bestemt ved hhv. den lineære regressions metode og angivet i kvartalsrapporterne for Vejle LAWR

Periode 1			
Februar - april			
Regnmåler		Lin. Reg.	DHI Par.
Svk nr	[mm]	[mm]	[mm]
23157	21,8	22,7	27,9
23235	38,8	35,9	42,7
23252	34,8	33,1	39,8
23261	33,4	30,2	37,0
23268	22,8	22,5	26,5
RMSE [mm]		2,1	4,6
APF [%]		5,5	15,9

Periode 2			
17. maj til 1. juni			
Regnmåler		Lin. Reg.	DHI Par.
Svk nr	[mm]	[mm]	[mm]
23157	18,6	13,6	15,9
23235	18,2	19,7	23,6
23252	14,6	17,6	20,8
23261	16,6	13,4	15,6
23268	19,6	17,1	20,6
23307	7,4	7,1	9,0
RMSE [mm]		2,9	3,6
APF [%]		15,2	19,8
Juni			
Regnmåler		Lin. Reg.	DHI Par.
Svk nr	[mm]	[mm]	[mm]
23157	40,4	46,5	140,6
23235	39,4	40,5	68,9
23252	51,6	40,3	81,2
23261	58,4	44,4	134,2
23268	49,4	50,1	71,8
RMSE [mm]		8,5	60,1
APF [%]		13,0	111,1

Periode 3			
Juli			
Regnmåler		Lin. Reg.	DHI Par.
Svk nr	[mm]	[mm]	[mm]
23157	65,8	74,2	89,36
23235	74,6	55,3	75,04
23252	82,6	65,9	86,35
23261	92,4	77,5	93,34
23268	85,0	77,6	109,23
RMSE [mm]		14,1	15,2
APF [%]		16,8	14,1
August			
Regnmåler		Lin. Reg.	DHI Par.
Svk nr	[mm]	[mm]	[mm]
23157	95,6	85,0	132,6
23235	103,2	99,9	134,8
23252	113,6	86,3	121,5
23261	99,8	73,0	113,9
23268	89,6	75,5	97,6
RMSE [mm]		18,9	23,2
APF [%]		16,2	19,9
September			
Regnmåler		Lin. Reg.	DHI Par.
Svk nr	[mm]	[mm]	[mm]
23157	37,0	38,4	51,2
23235	50,4	32,8	55,9
23252	51,4	44,3	70,3
23261	46,4	39,7	53,0
23268	43,8	32,2	59,1
RMSE [mm]		10,4	13,2
APF [%]		18,7	27,1

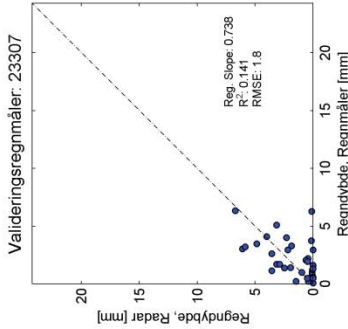
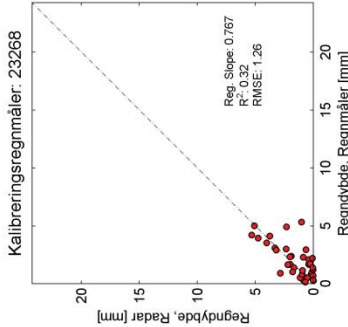
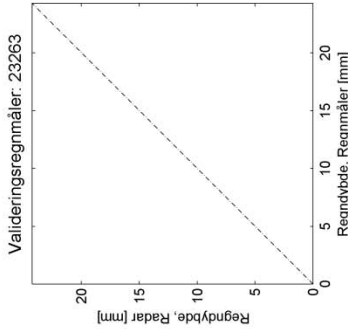
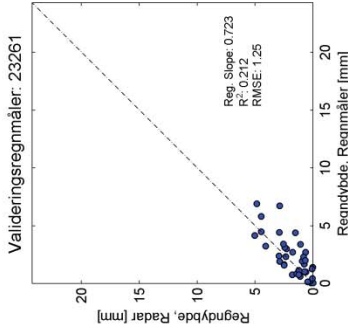
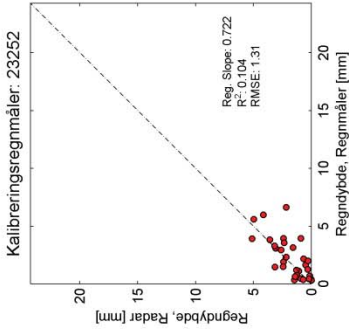
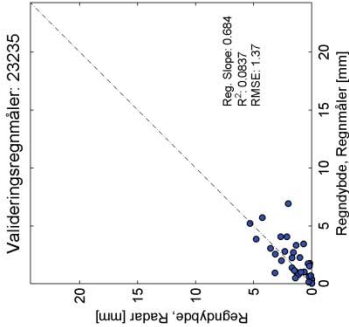
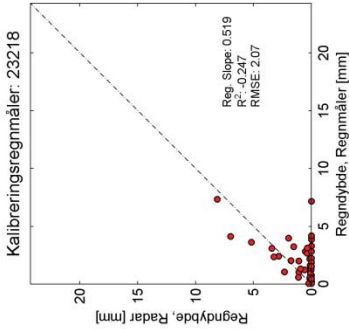
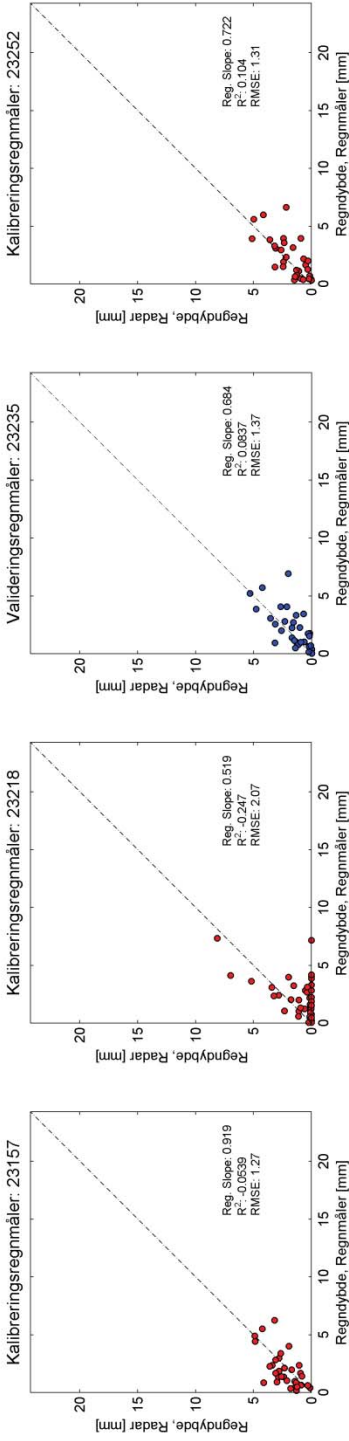
Tabel 2A: Sammenligning af akkumuleret nedbør for kalibreringshændelserne for regnmålerne og LAWR radaren ved de to kalibreringsmetoder. Definitionen på RMSE og APF er angivet i rapportens resultatafsnit.

Til trods for forskellene mellem parameterestimerne metoderne imellem, kan det ses at kalibreringerne overordnet set præsterer relativt ens. Dette kan ses af Tabel 2A, hvor den akkumulerede nedbør for kalibreringshændelserne for regnmålerne og LAWR radaren ved de to kalibreringsmetoder er sammenlignet. Af Tabel 2A ses det yderligere, at (Lin.Reg.)-metoden med undtagelse af en enkelt periode, estimerer den akkumulerede nedbørsmængde for kalibreringshændelserne i en større overensstemmelse med regnmålerne. Det kan derfor konkluderes, (lin.reg.)-metoden ikke virker til ugunst for LAWR radaren – nærmere tværtimod.

Bilag 1 – Scatter-plots for 3 timers akkumuleret nedbør

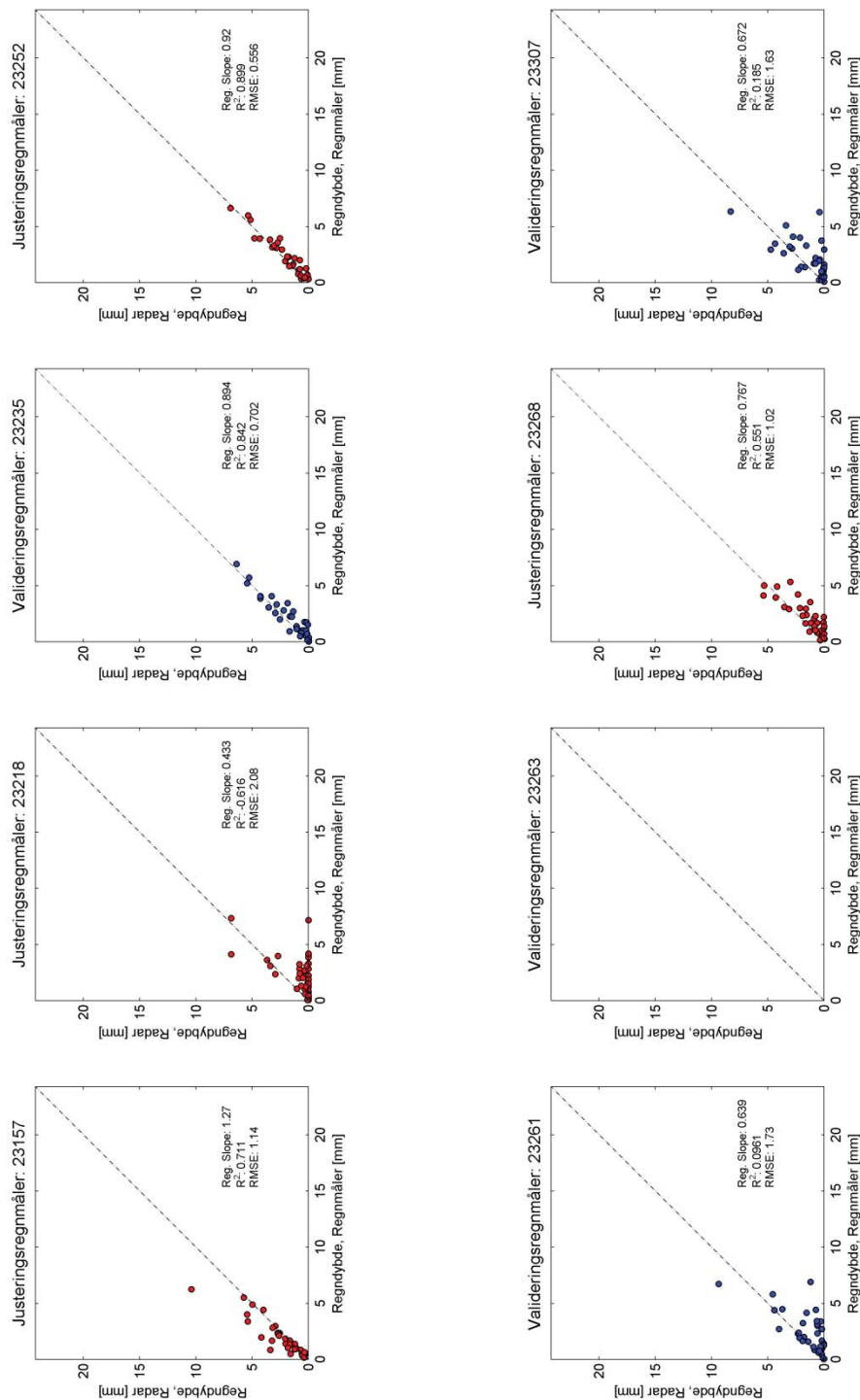
Periode 1: LAWR Statik Kalibrering (Lin. Reg.)

LAWR: Statisk Kalibrering (LinReg) - Periode 1



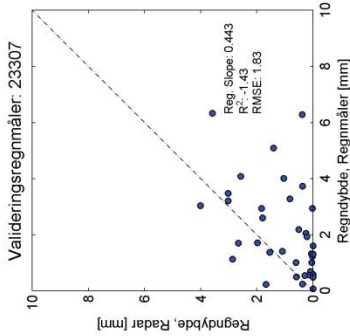
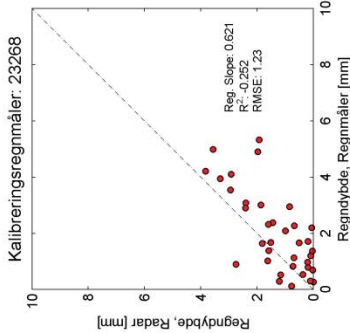
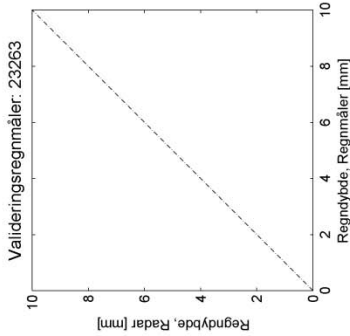
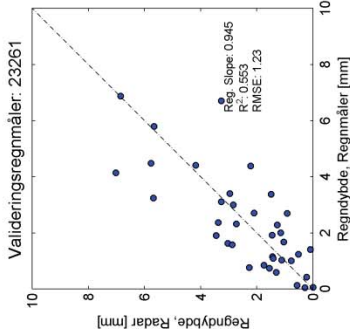
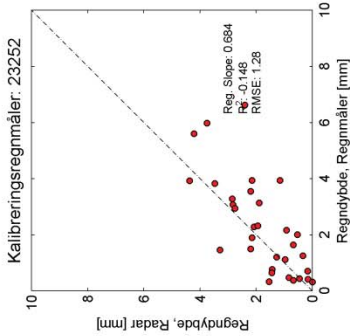
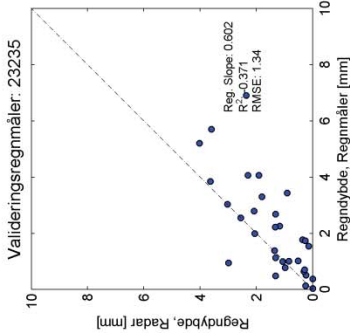
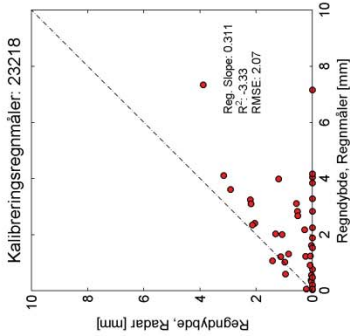
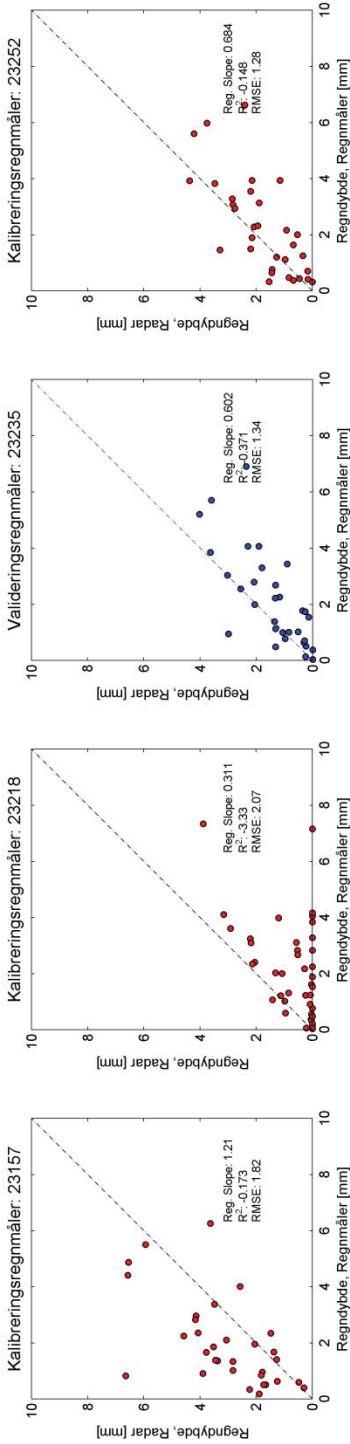
Periode 1: LAWR Dynamisk Justering (Lin. Reg.)

LAWR: Dynamisk Justering (LinReg) - Periode 1



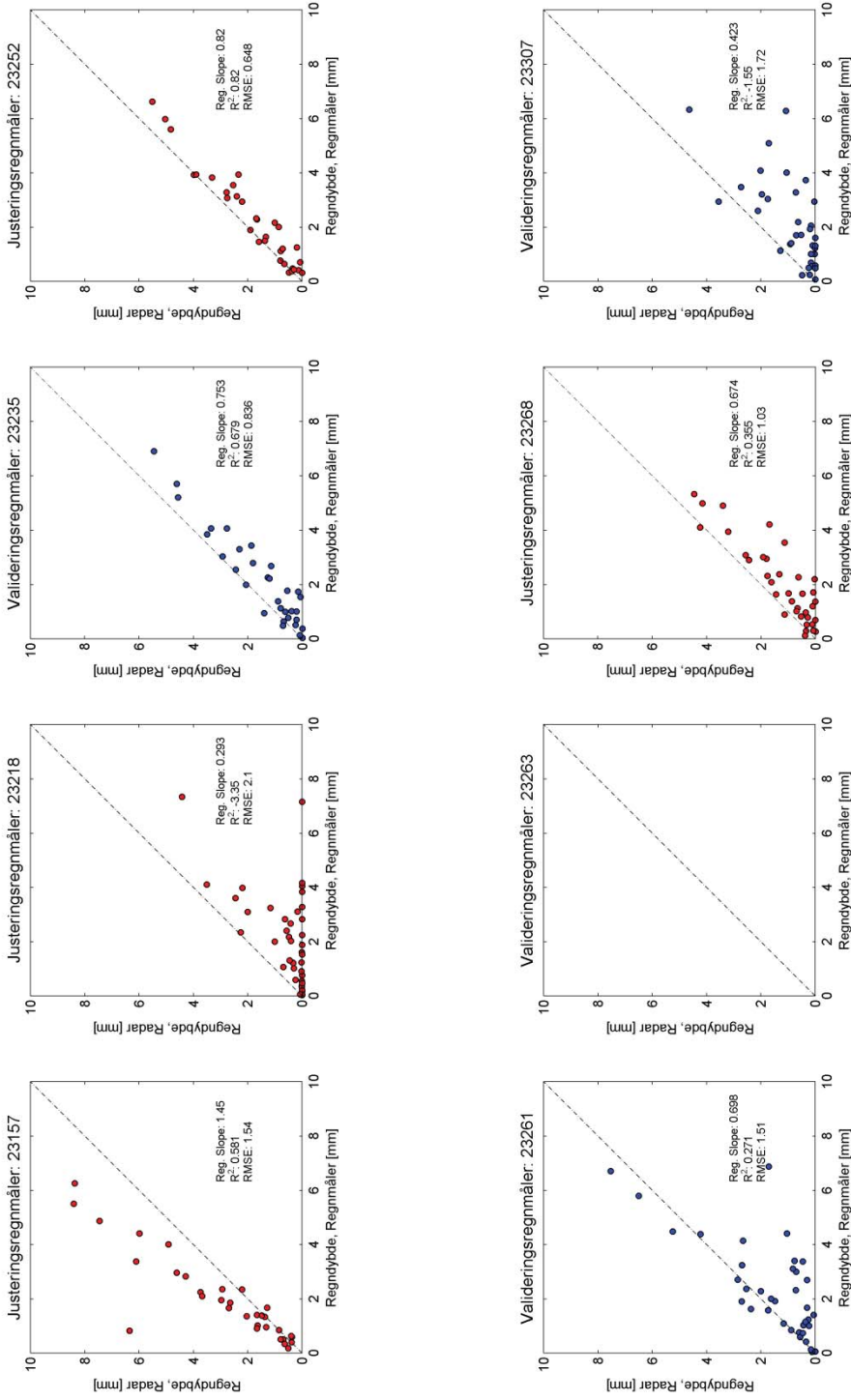
Periode 1: LAWR Statisk Kalibrering (2exp)

LAWR: Statisk Kalibrering (2exp) - Periode 1



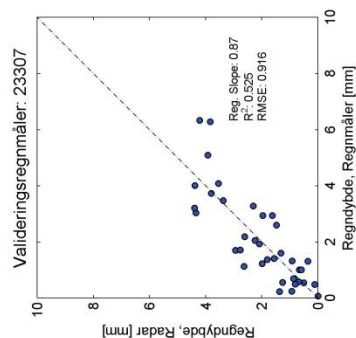
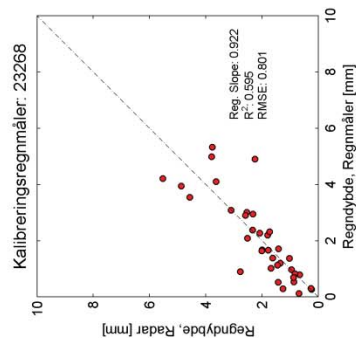
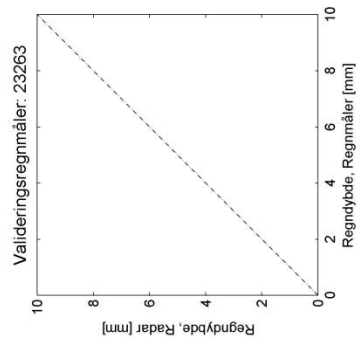
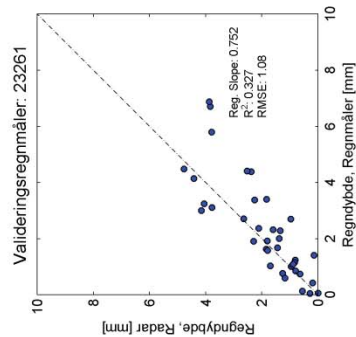
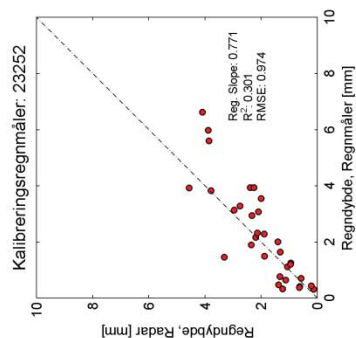
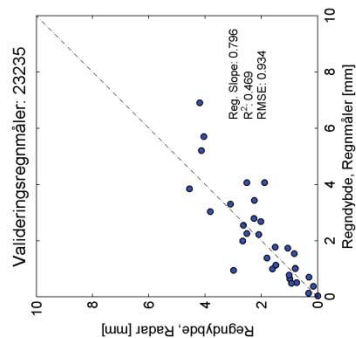
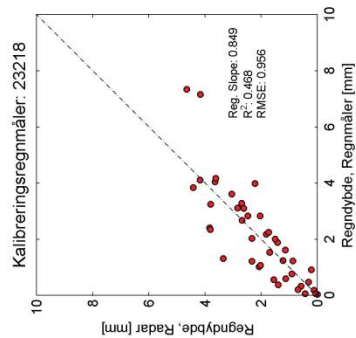
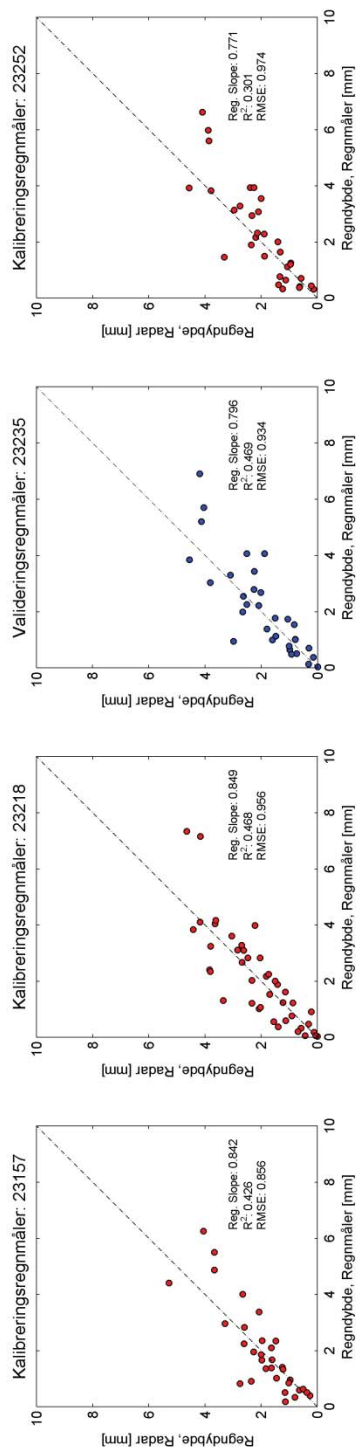
Periode 1: LAWR Dynamisk Justering (2exp)

LAWR: Dynamisk Justering (2exp) - Periode 1



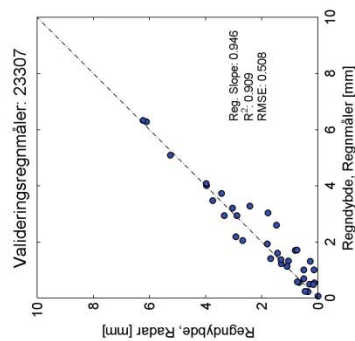
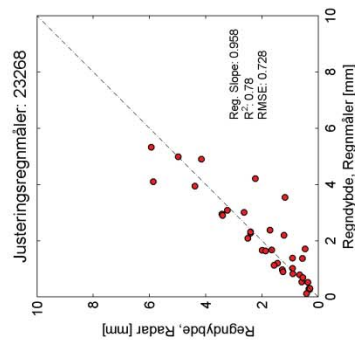
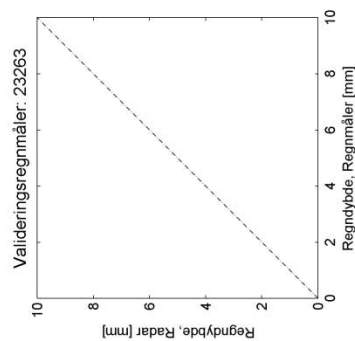
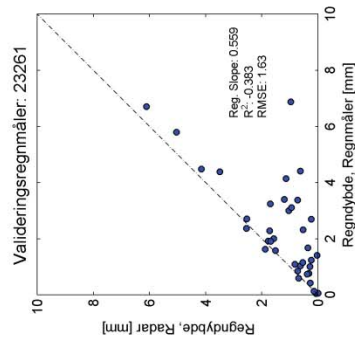
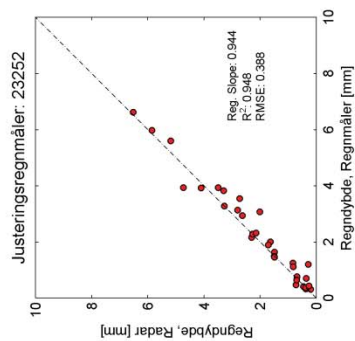
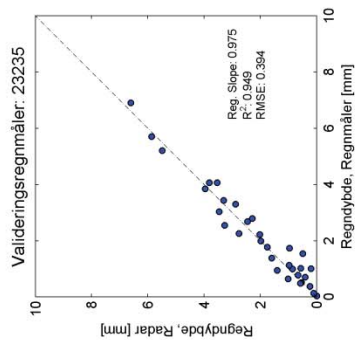
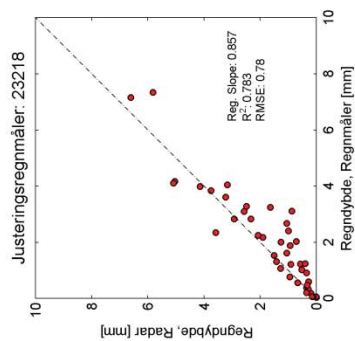
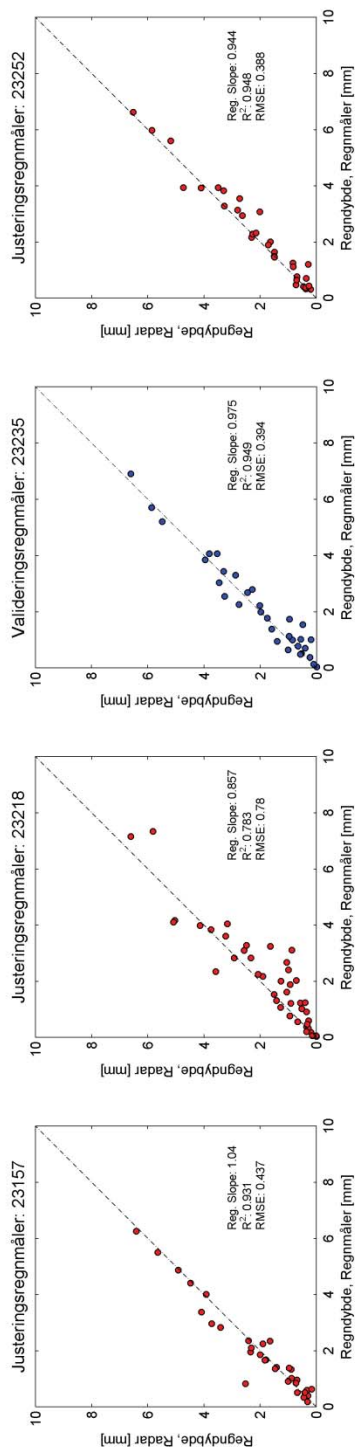
Periode 1: C-bånd Statisk Kalibrering (MPfit)

C-bånd: Statisk Kalibrering (MPfit) - Periode 1



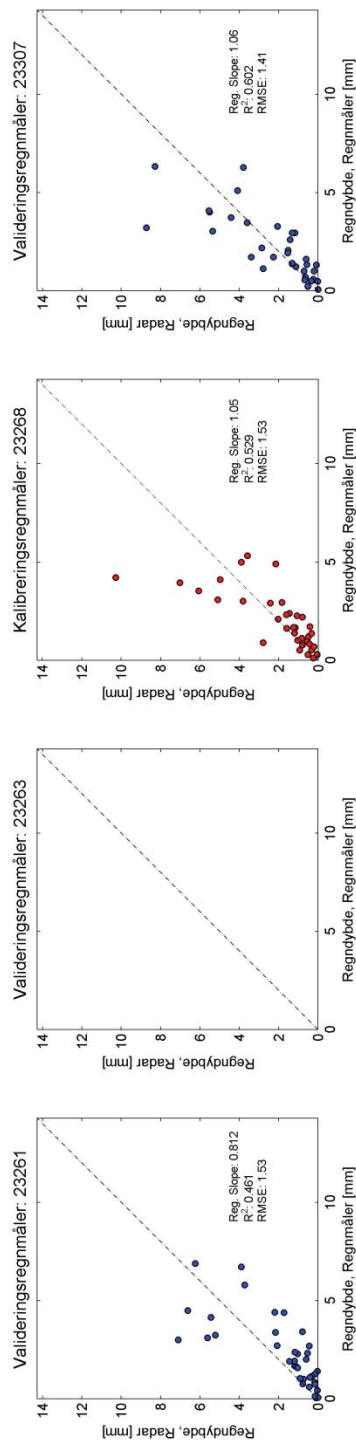
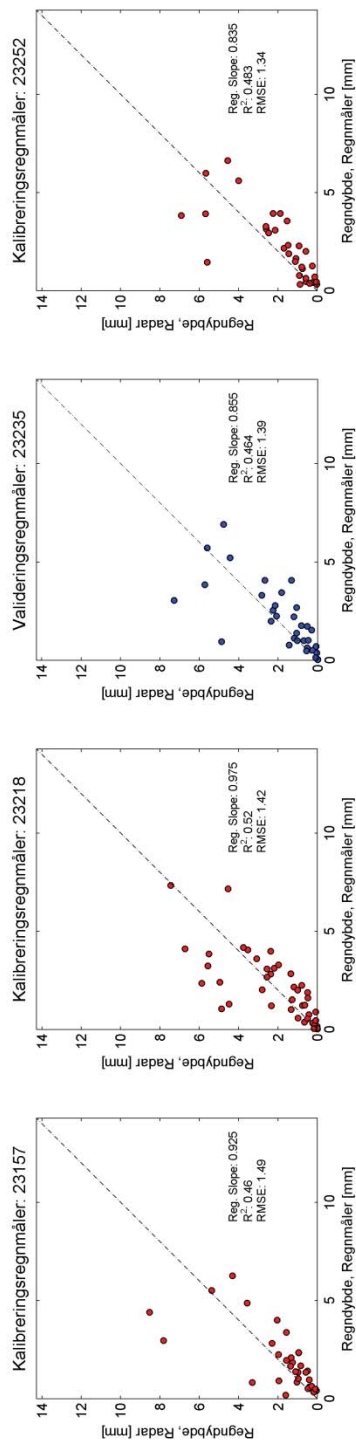
Periode 1: C-bånd Dynamisk Justering (MPfit)

C-bånd: Dynamisk Justering (MPfit) - Periode 1



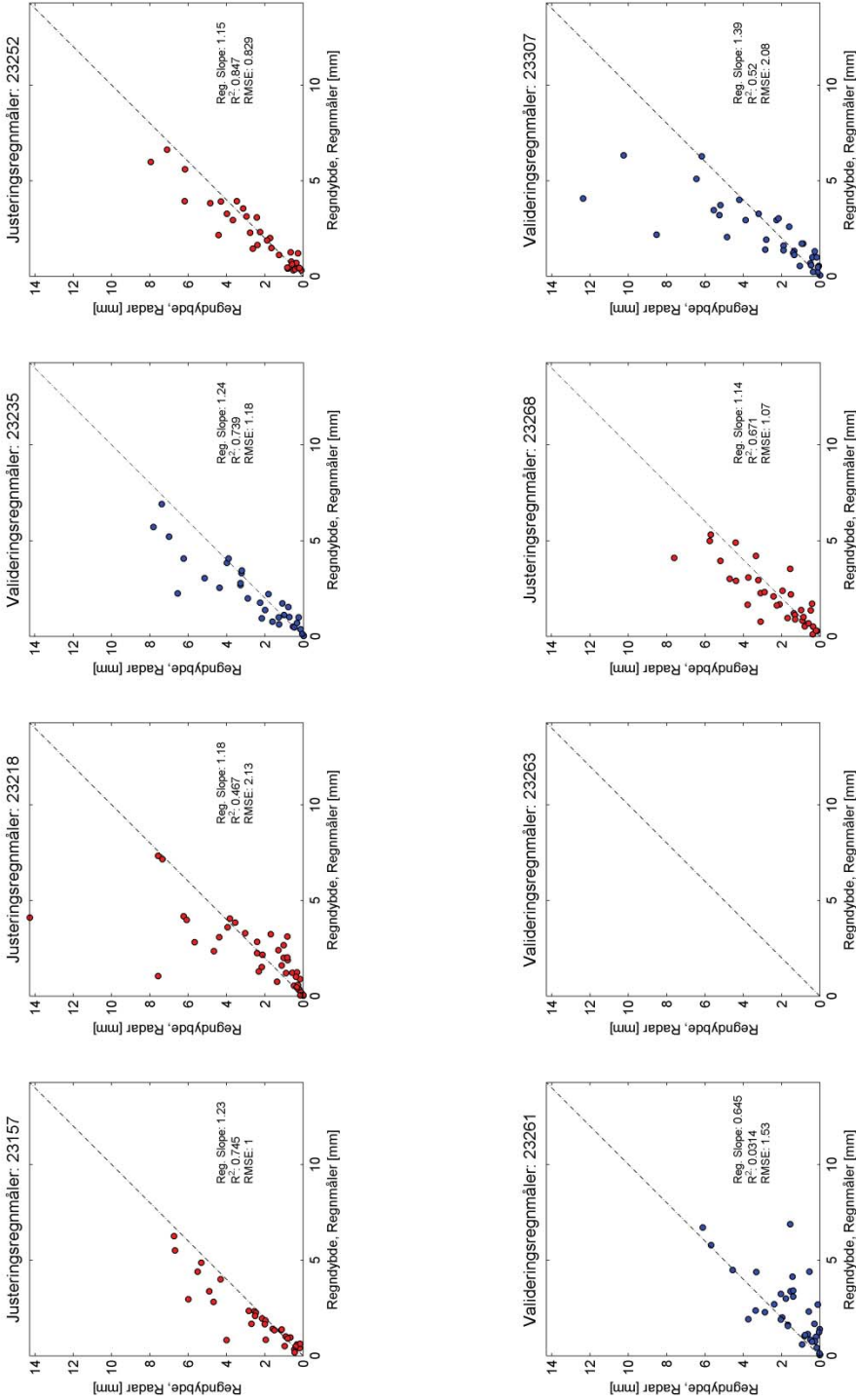
Periode 1: C-bånd Statisk Kalibrering (BIASfit)

C-bånd: Statisk Kalibrering (BIASfit) - Periode 1



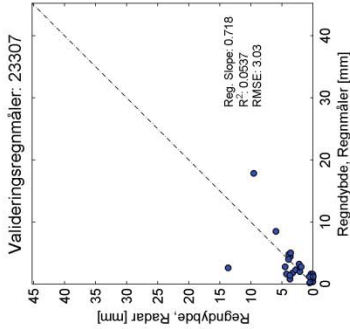
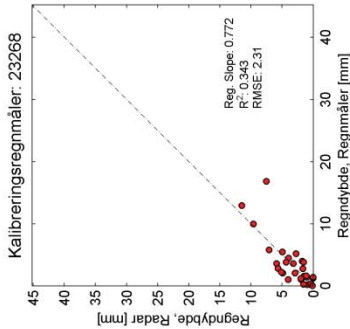
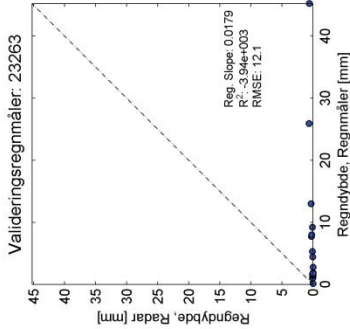
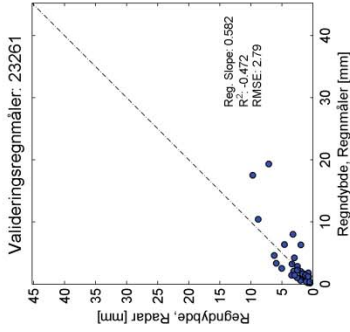
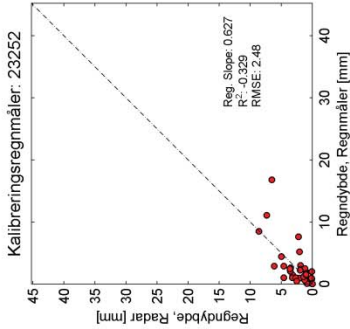
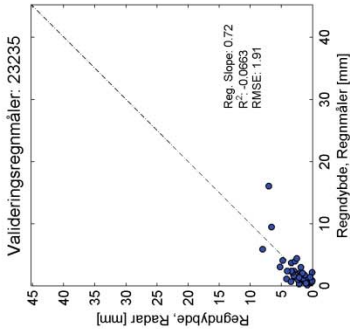
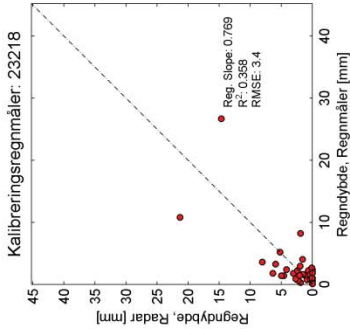
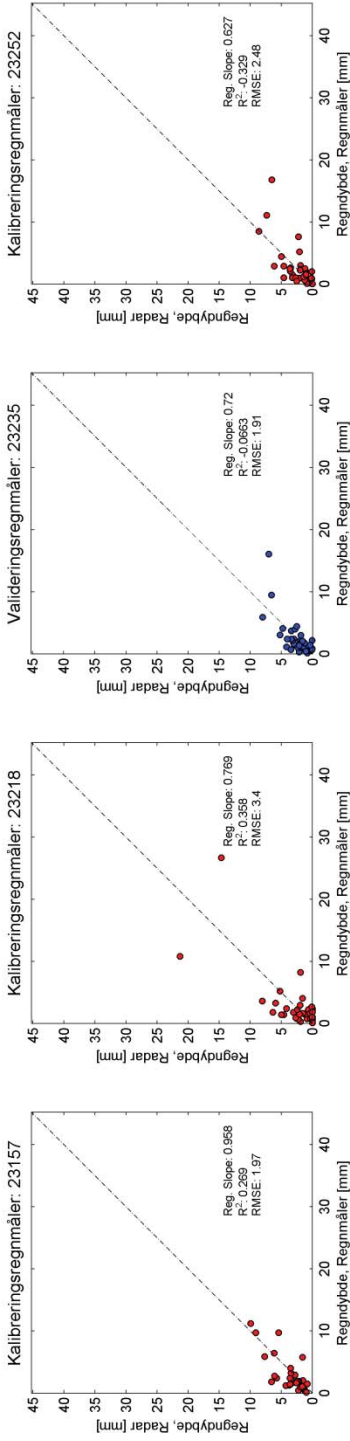
Periode 1: C-bånd Dynamisk Justering (BIASfit)

C-bånd: Dynamisk Justering (BIASfit) - Periode 1



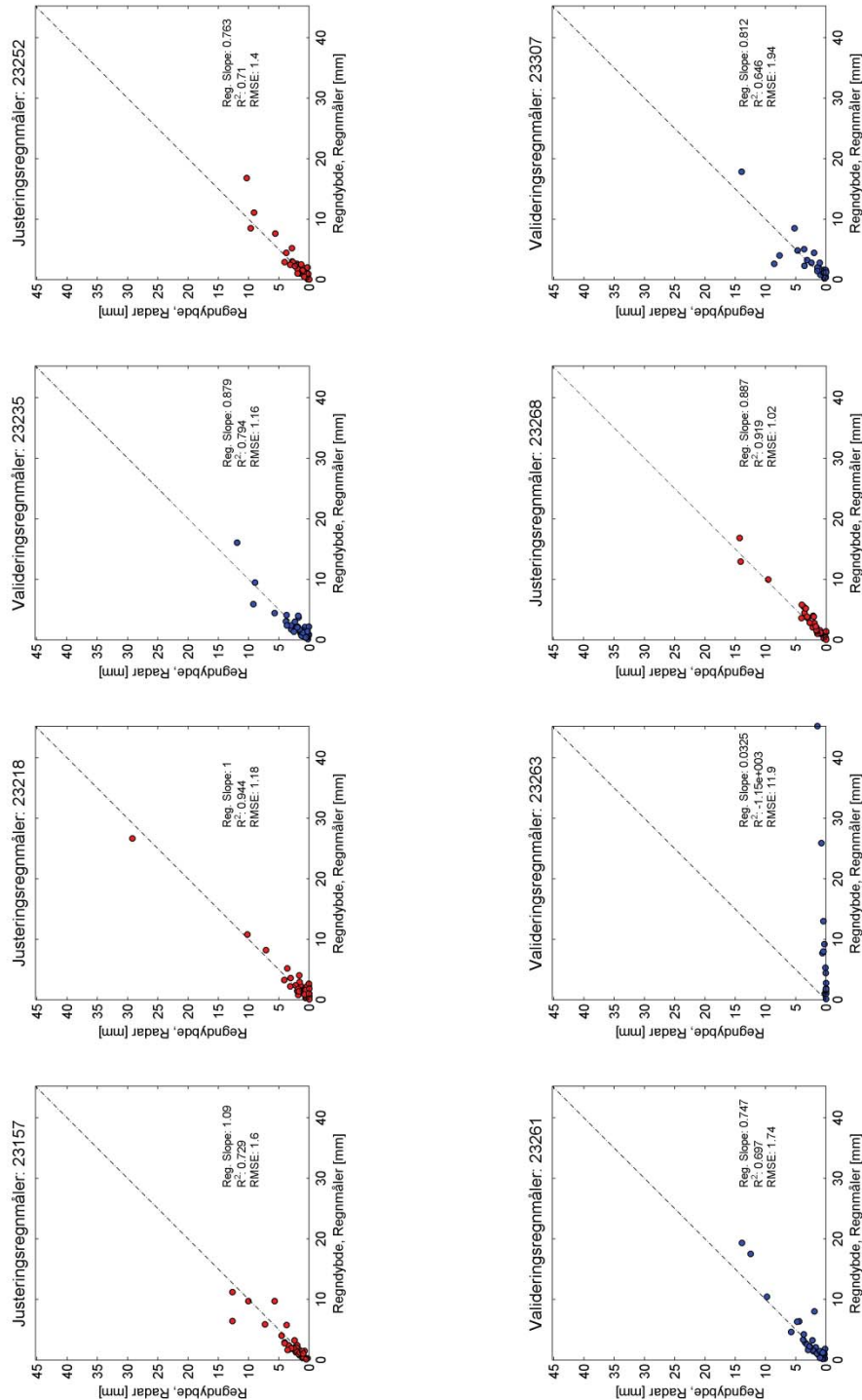
Periode 2: LAWR Statisk Kalibrering (Lin. Reg.)

LAWR: Statisk Kalibrering (LinReg) - Periode 2



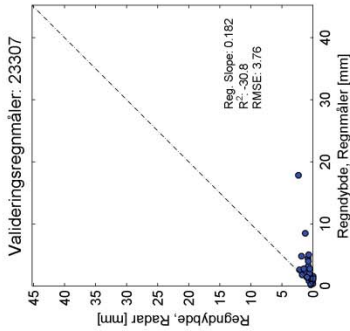
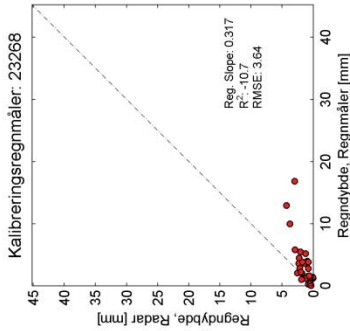
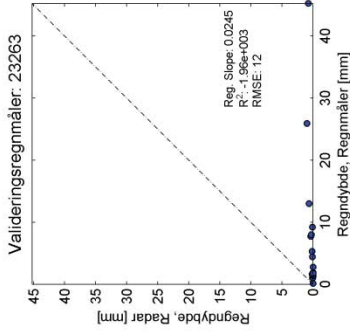
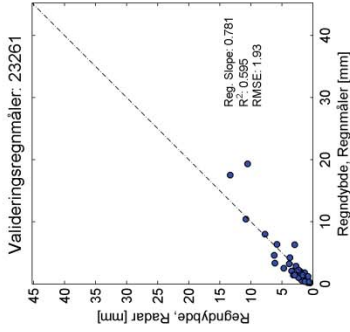
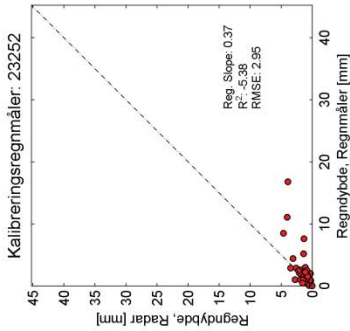
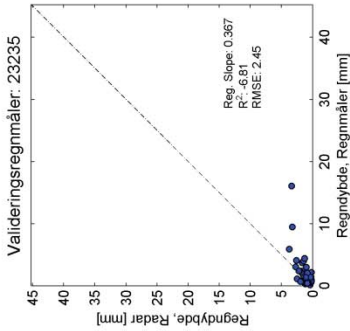
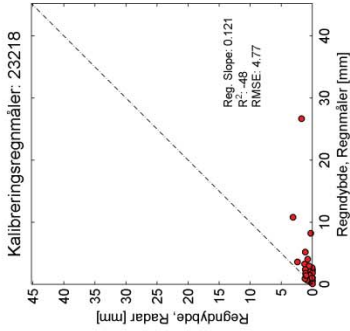
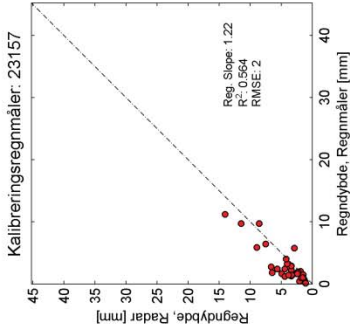
Periode 2: LAWR Dynamisk Justering (Lin. Reg.)

LAWR: Dynamisk Justering (LinReg) - Periode 2



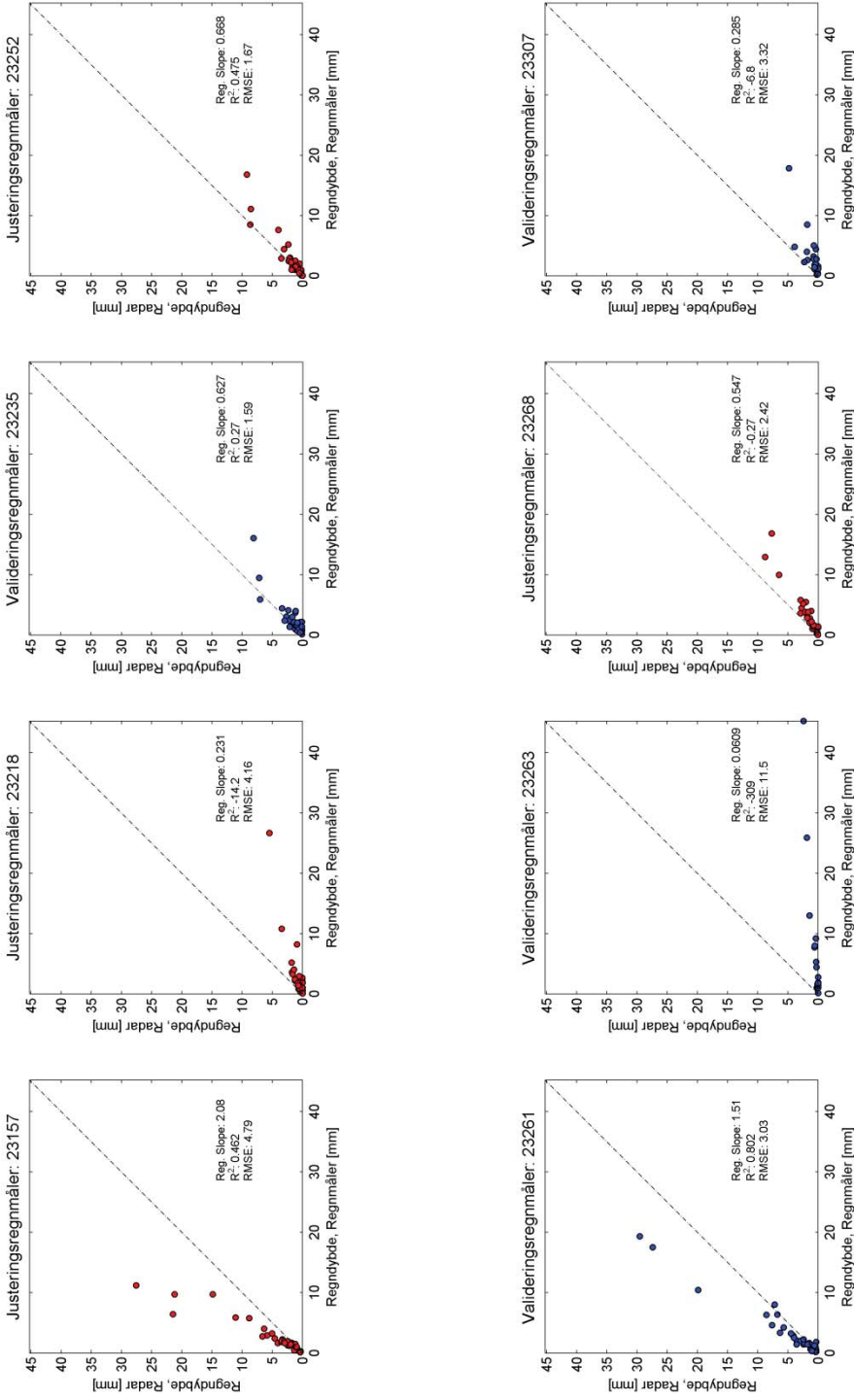
Periode 2: LAWR Statisk Kalibrering (2exp)

LAWR: Statisk Kalibrering (2exp) - Periode 2



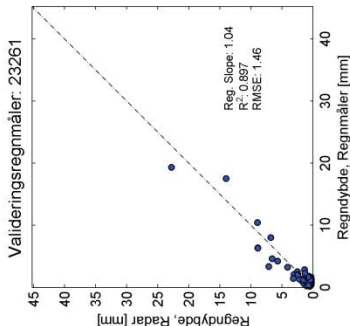
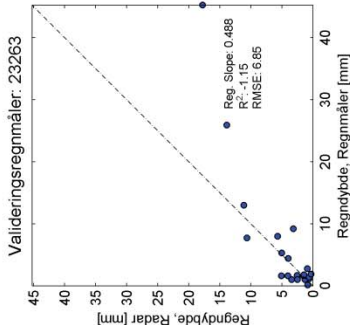
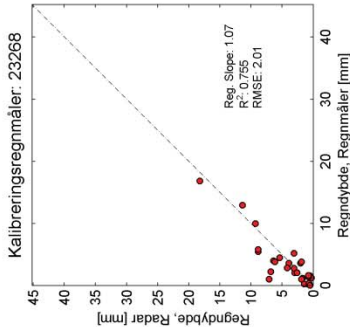
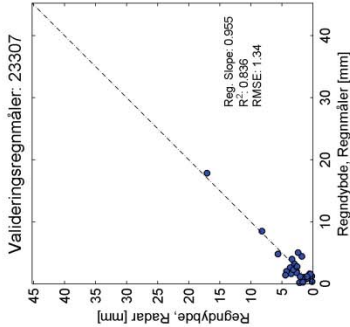
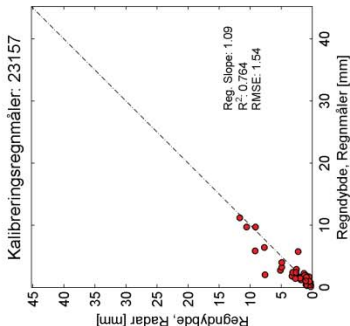
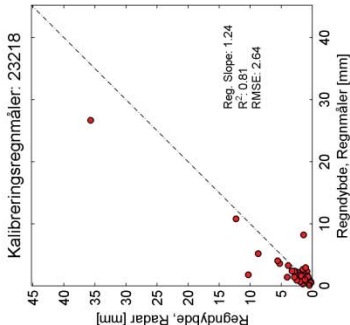
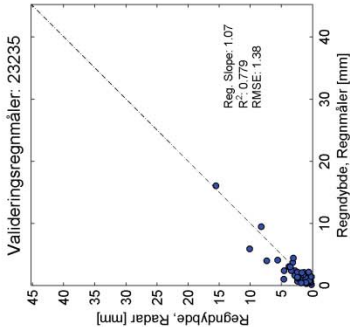
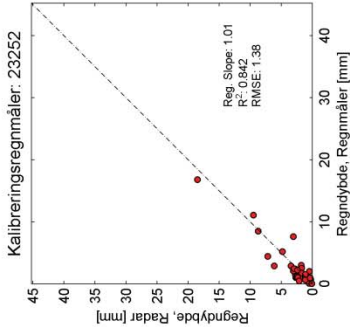
Periode 2: LAWR Dynamisk Justering (2exp)

LAWR: Dynamisk Justering (2exp) - Periode 2



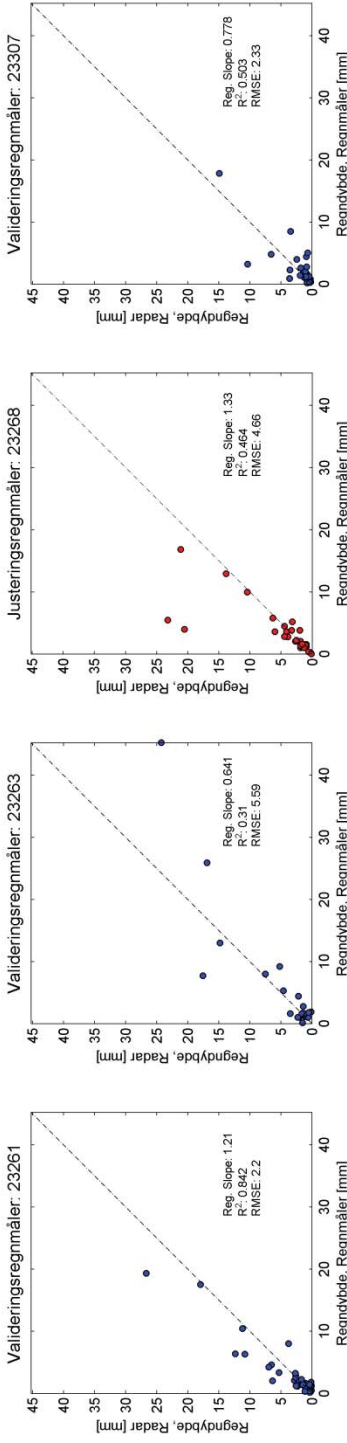
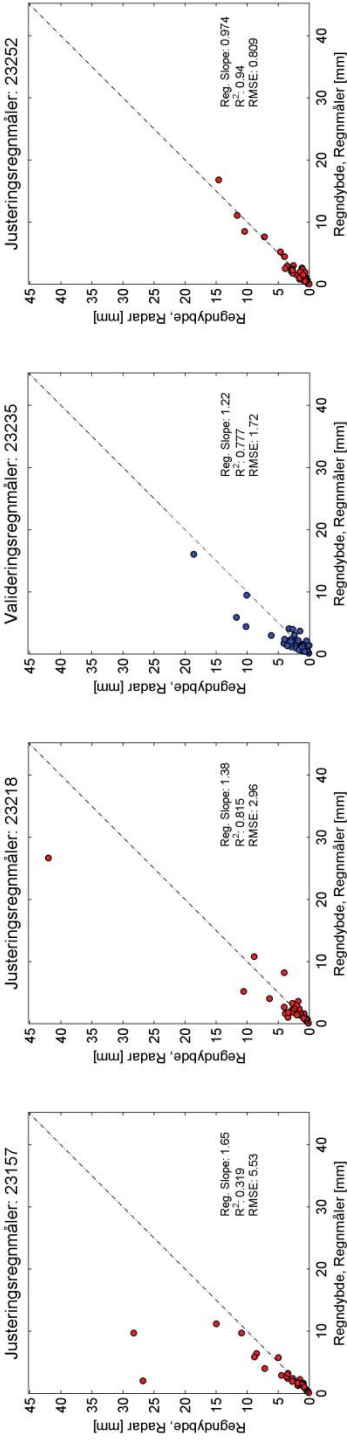
Periode 2: C-bånd Statisk Kalibrering (MPfit)

C-bånd: Statisk Kalibrering (MPfit) - Periode 2



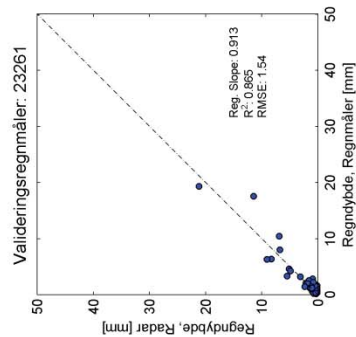
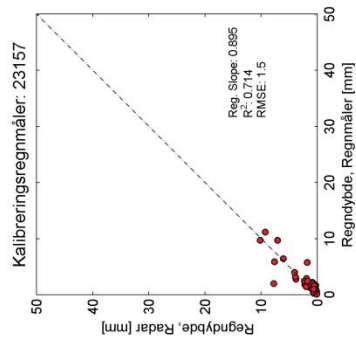
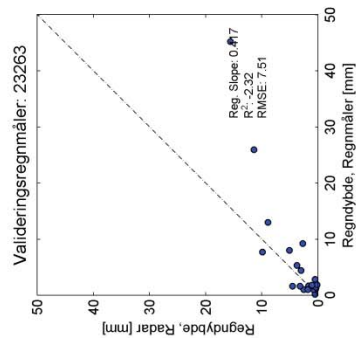
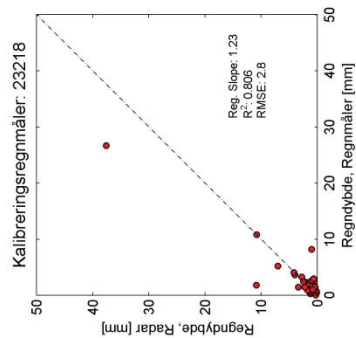
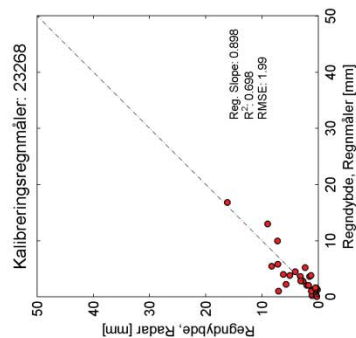
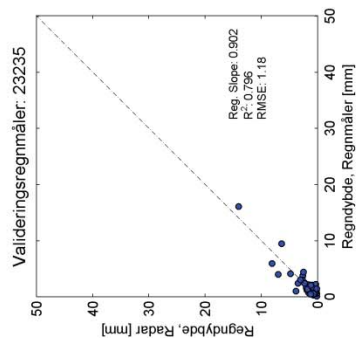
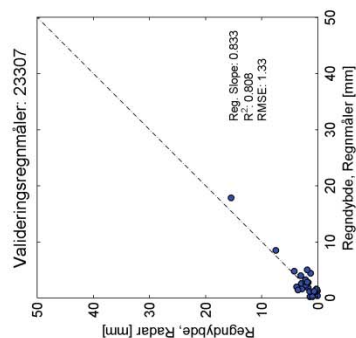
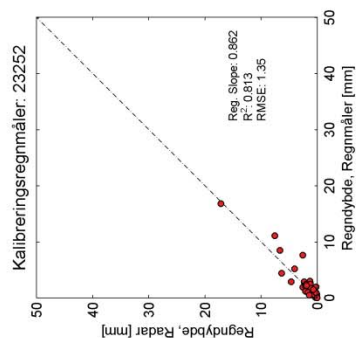
Periode 2: C-bånd Dynamisk Justering (MPfit)

C-bånd: Dynamisk Justering (MPfit) - Periode 2



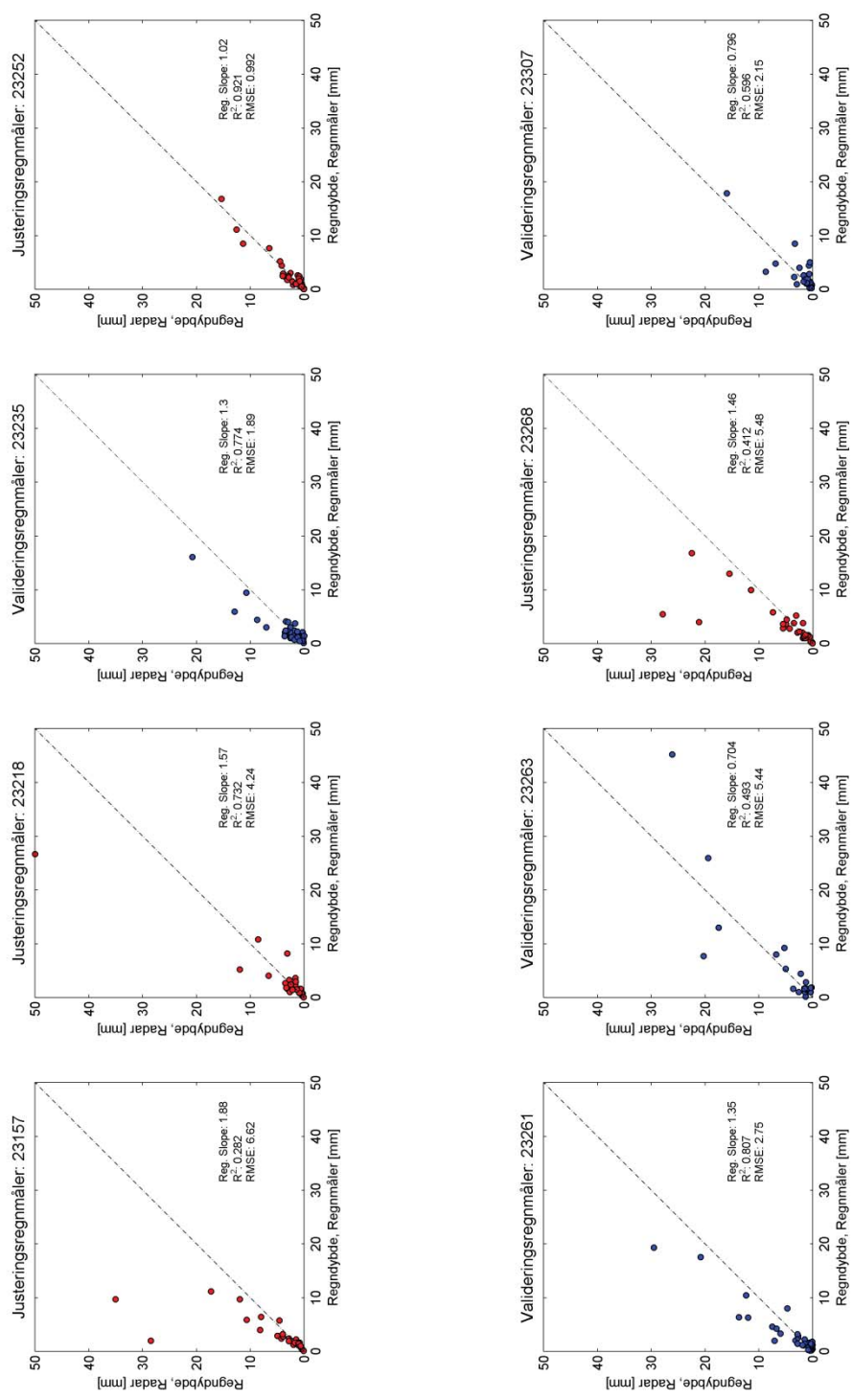
Periode 2: C-bånd Statisk Kalibrering (BIASfit)

C-bånd: Statisk Kalibrering (BIASfit) - Periode 2



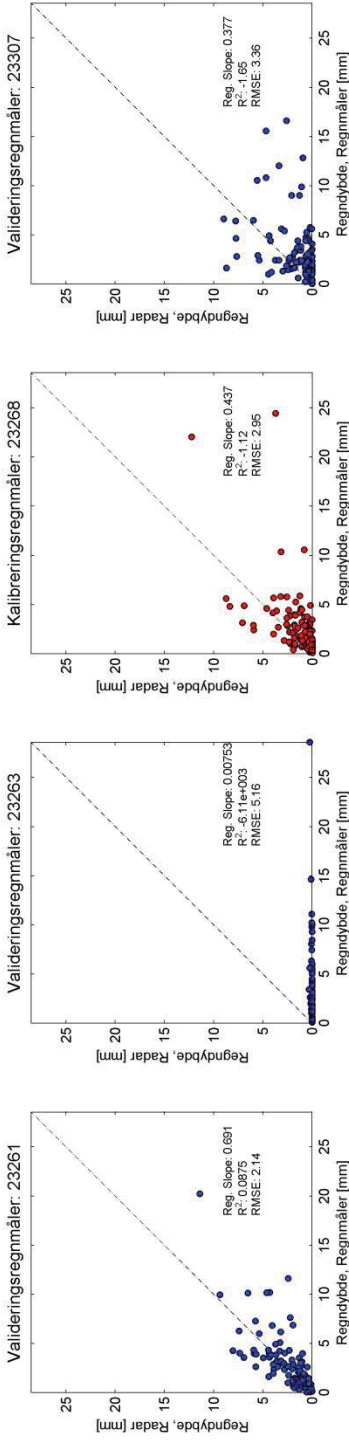
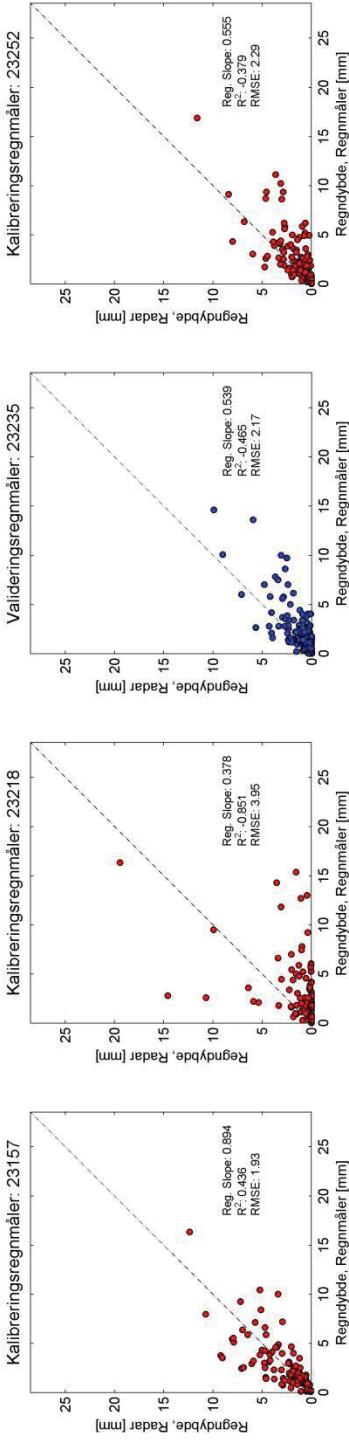
Periode 2: C-bånd Dynamisk Justering (BIASfit)

C-bånd: Dynamisk Justering (BIASfit) - Periode 2



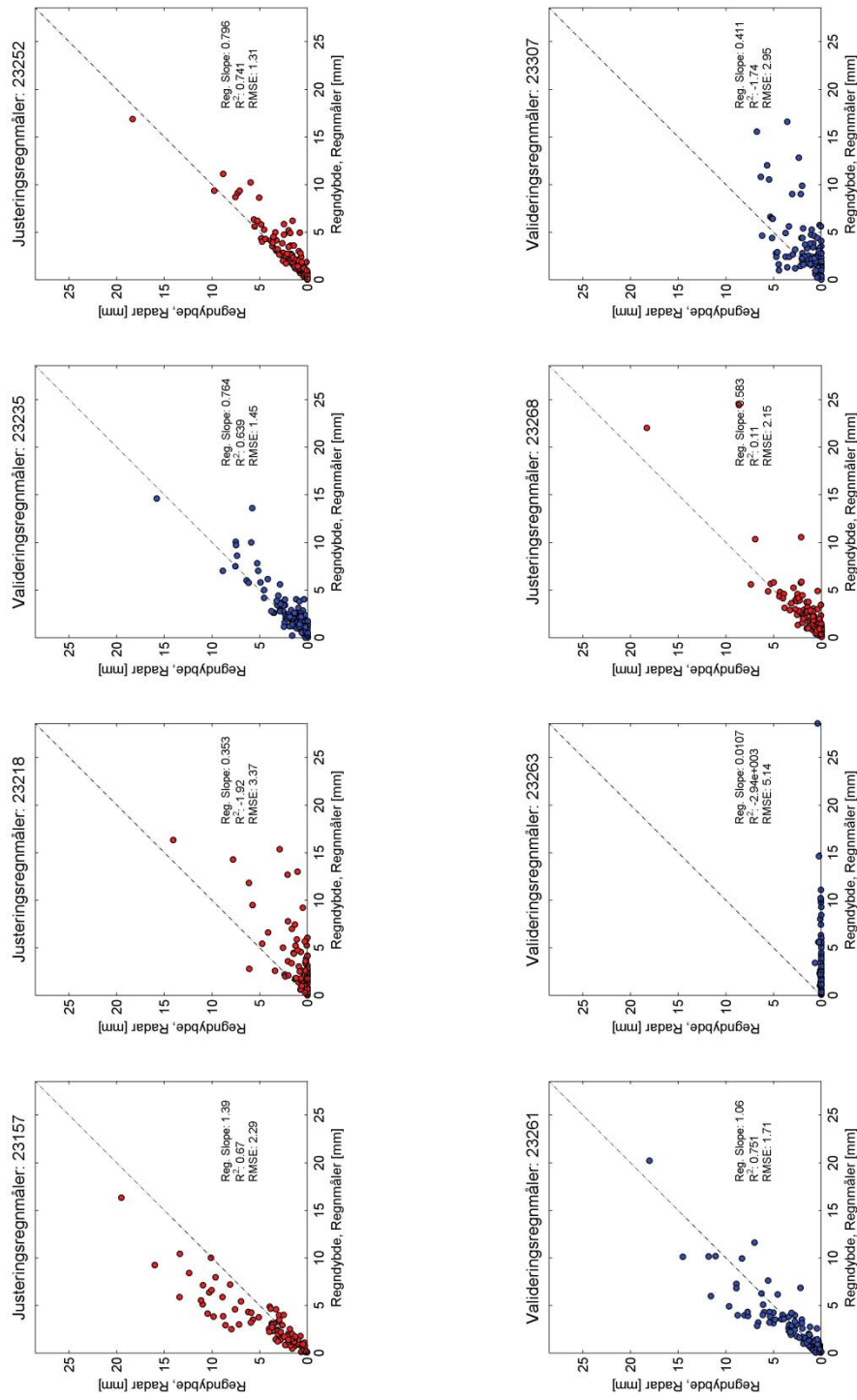
Periode 3: LAWR Statik Kalibrering (Lin. Reg.)

LAWR: Statisk Kalibrering (LinReg) - Periode 3



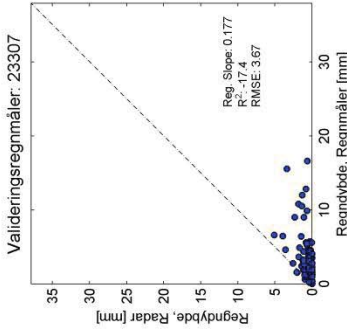
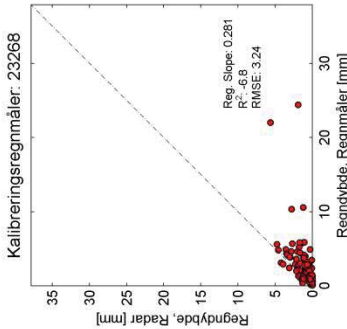
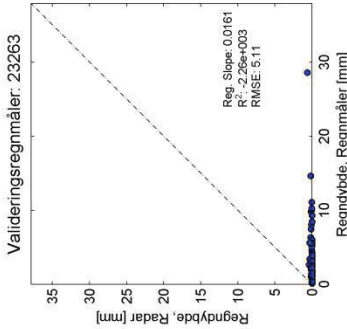
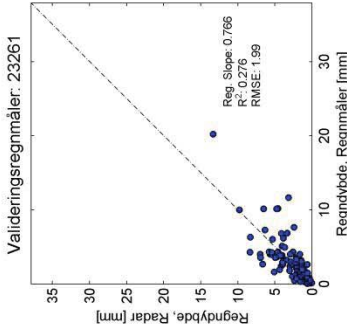
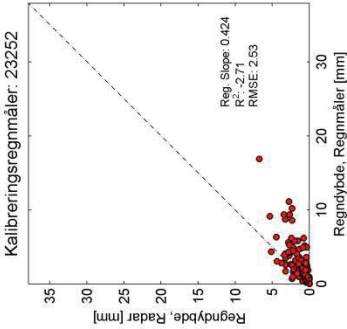
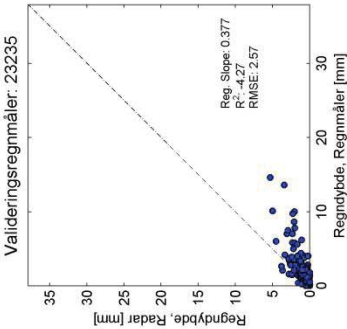
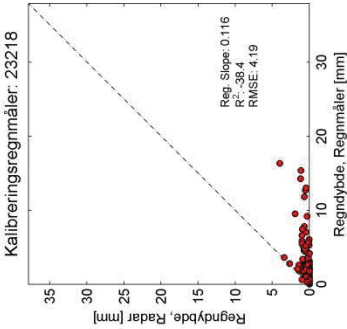
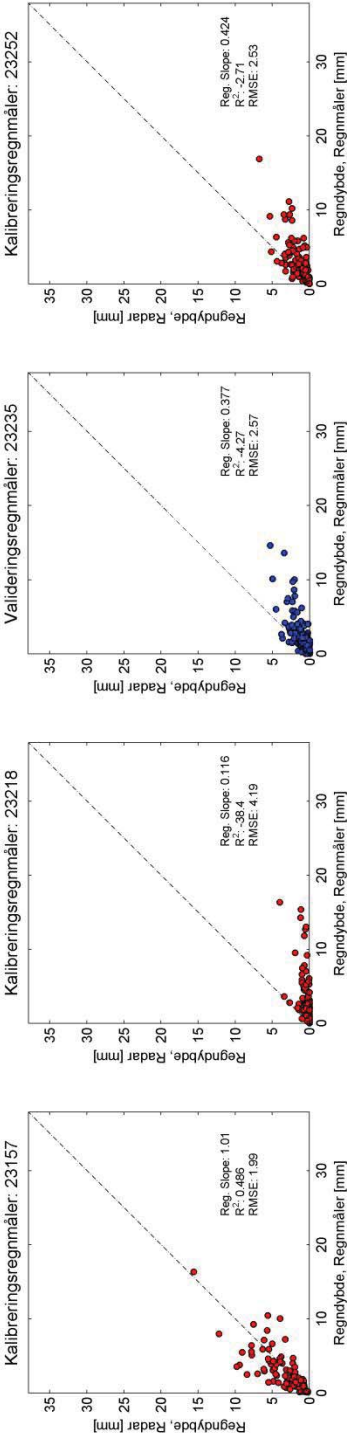
Periode 3: LAWR Dynamisk Justering (Lin. Reg.)

LAWR: Dynamisk Justering (LinReg) - Periode 3



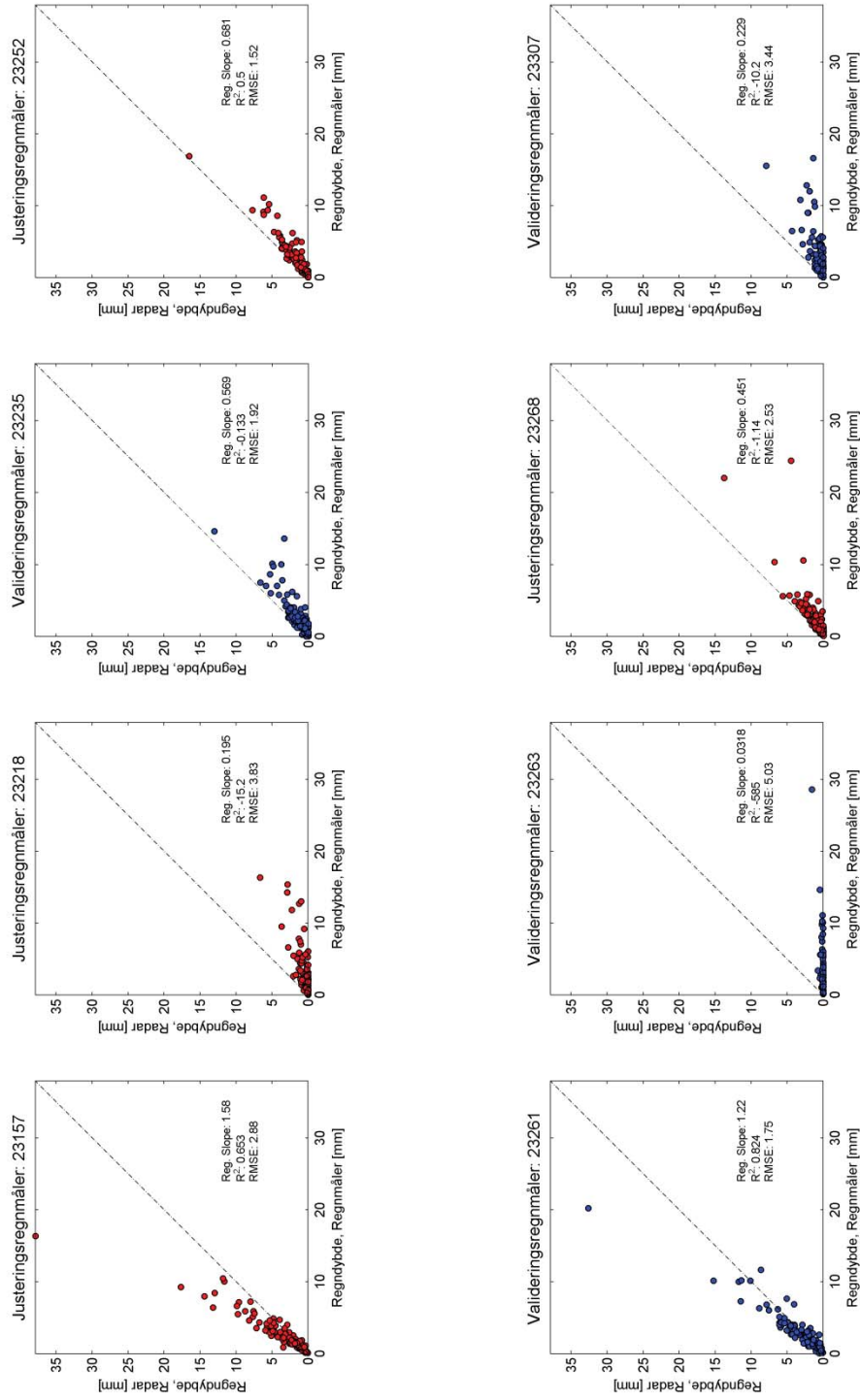
Periode 3: LAWR Statisk Kalibrering (2exp)

LAWR: Statisk Kalibrering (2exp) - Periode 3



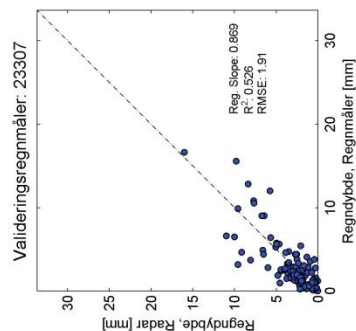
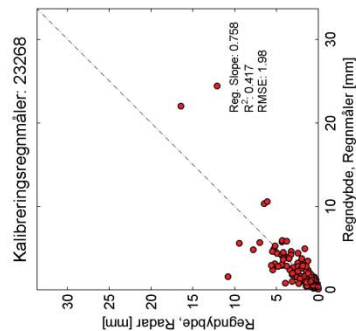
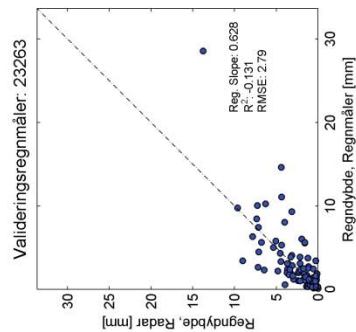
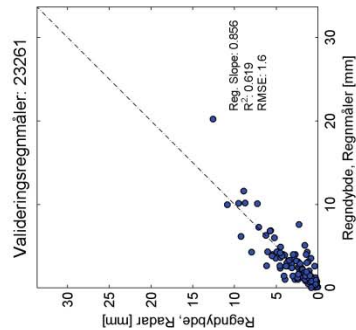
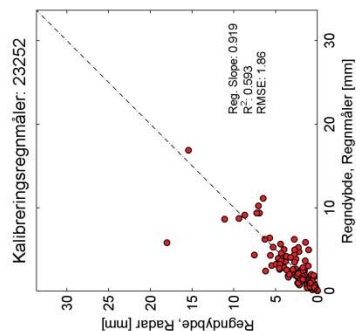
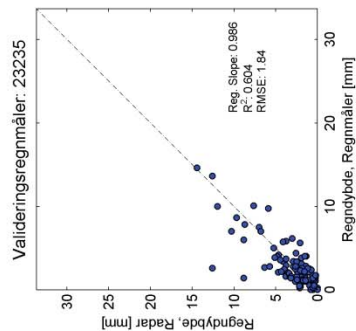
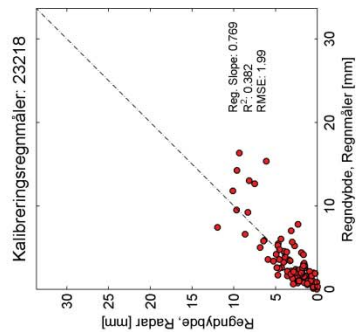
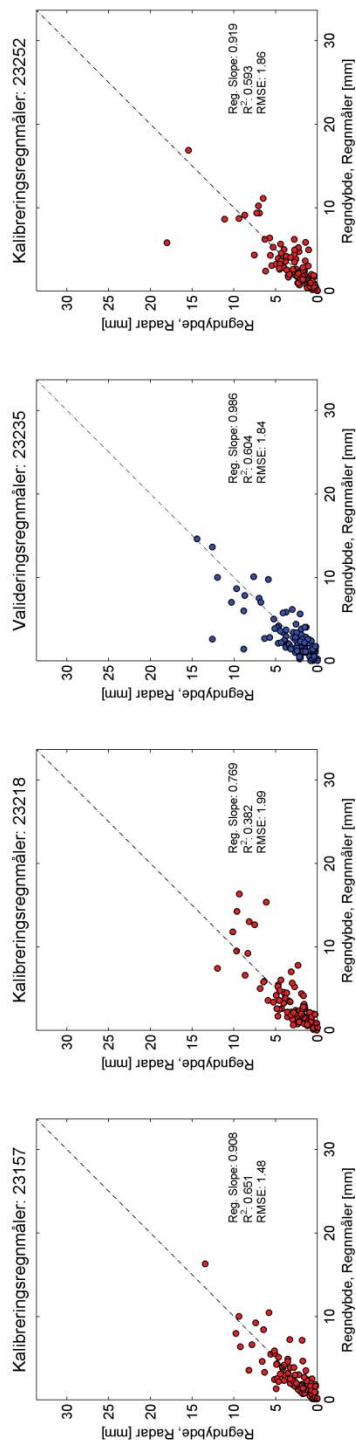
Periode 3: LAWR Dynamisk Justering (2exp)

LAWR: Dynamisk Justering (2exp) - Periode 3



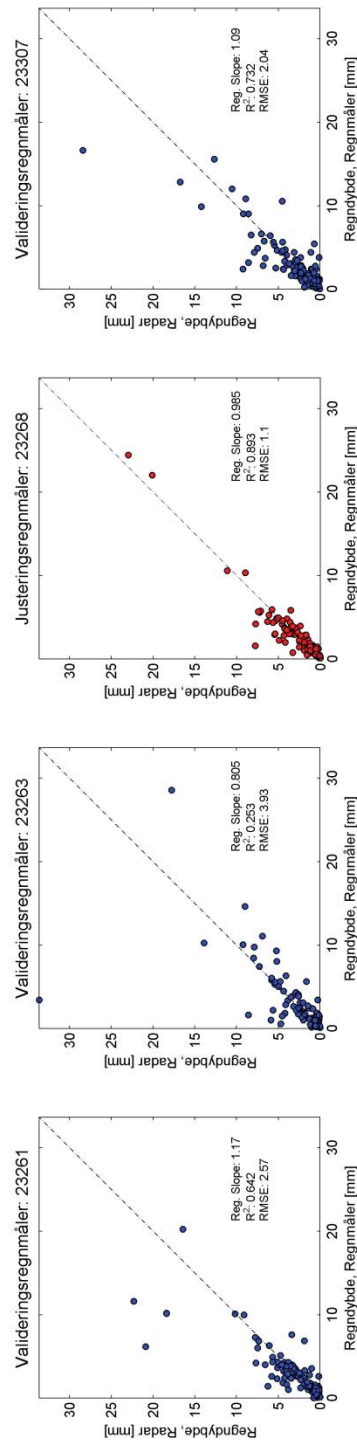
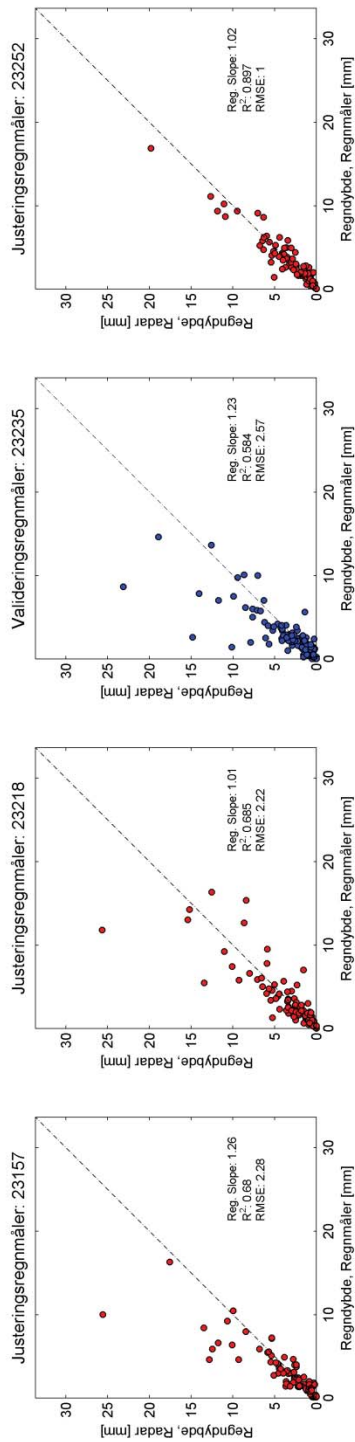
Periode 3: C-bånd Statisk Kalibrering (MPfit)

C-bånd: Statisk Kalibrering (MPfit) - Periode 3



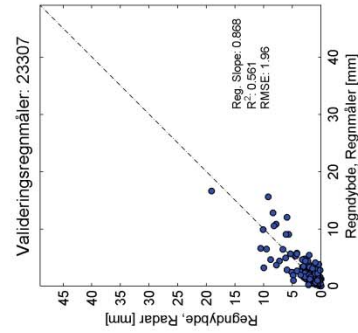
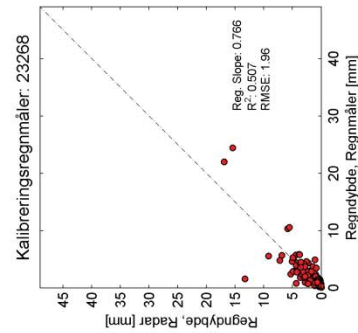
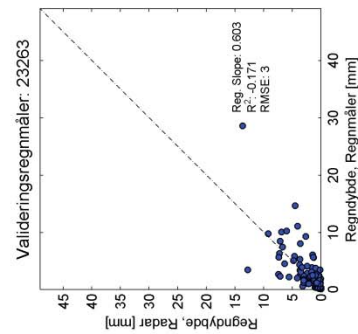
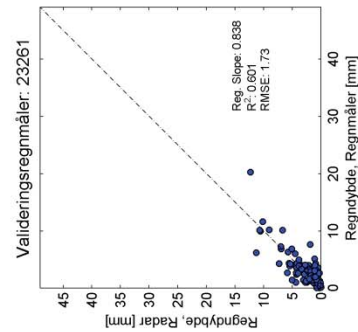
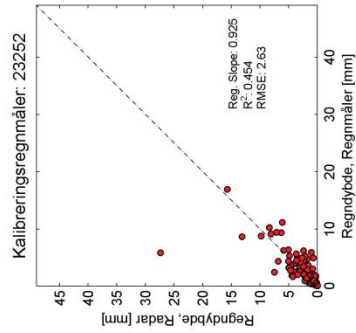
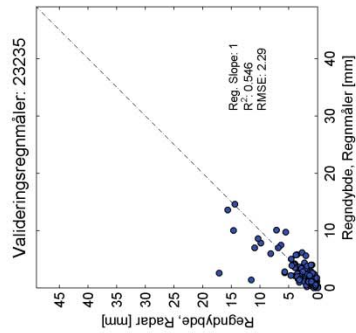
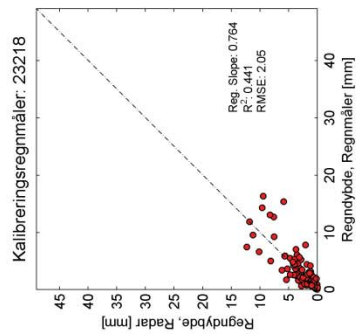
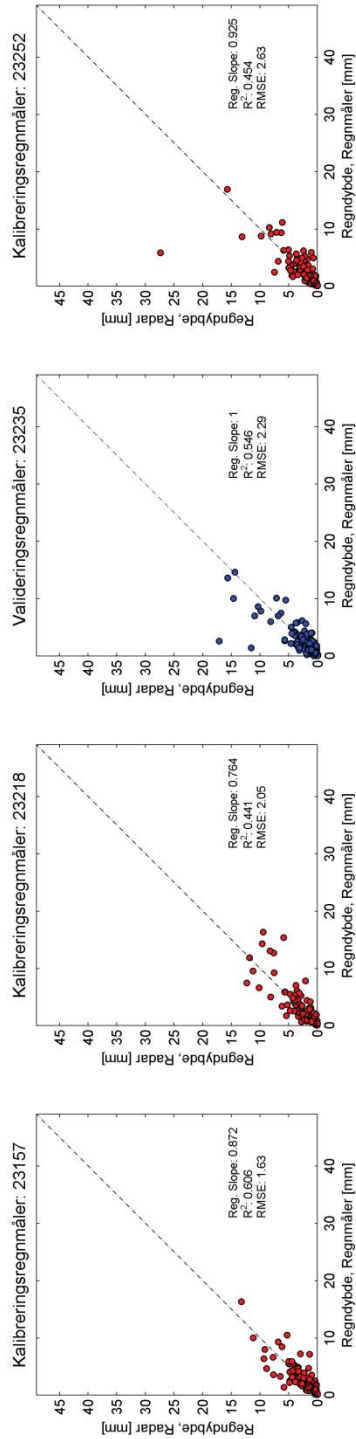
Periode 3: C-bånd Dynamisk Justering (MPfit)

C-bånd: Dynamisk Justering (MPfit) - Periode 3



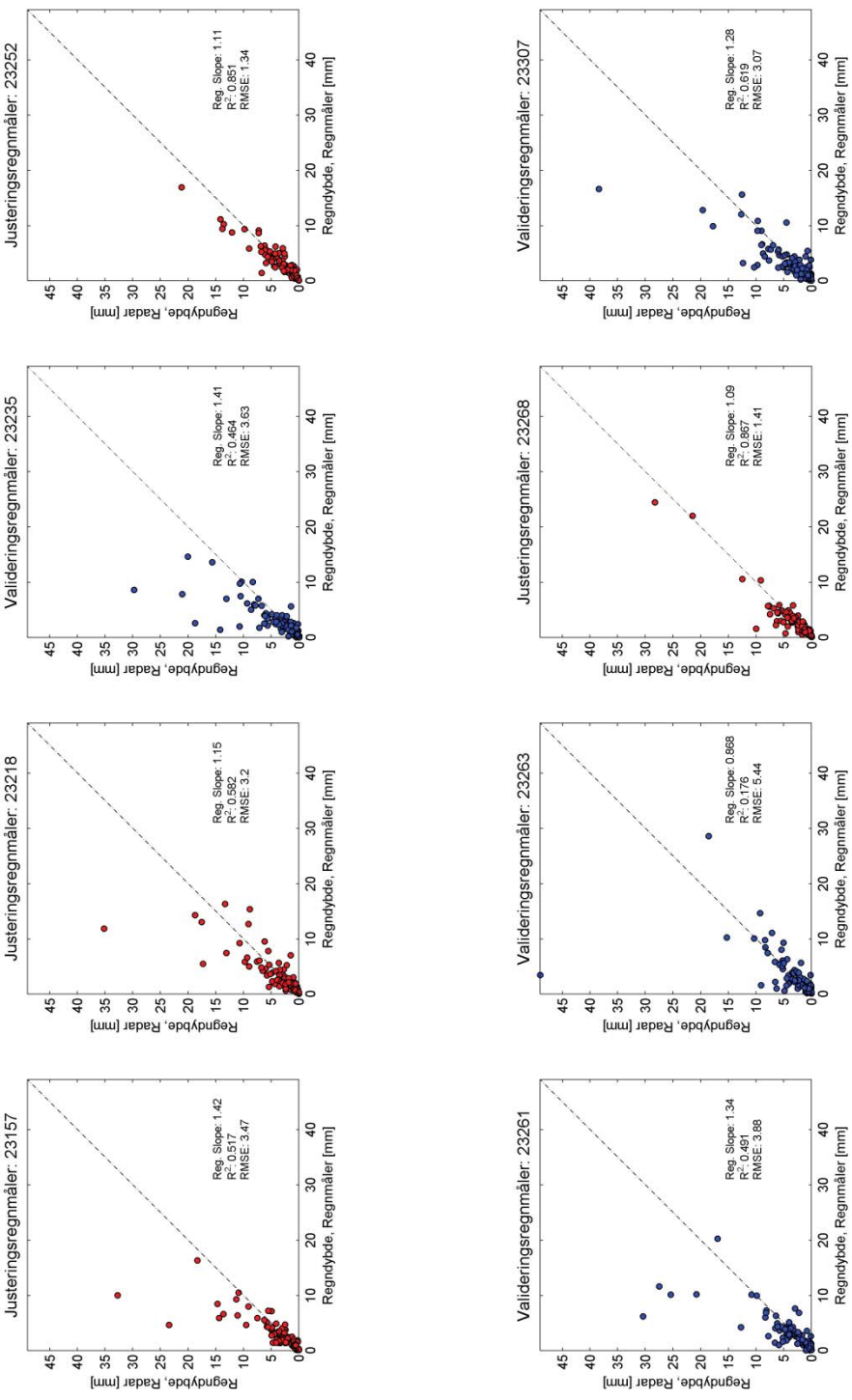
Periode 3: C-bånd Statisk Kalibrering (BIASfit)

C-bånd: Statisk Kalibrering (BIASfit) - Periode 3



Periode 3: C-bånd Dynamisk Justering (BIASfit)

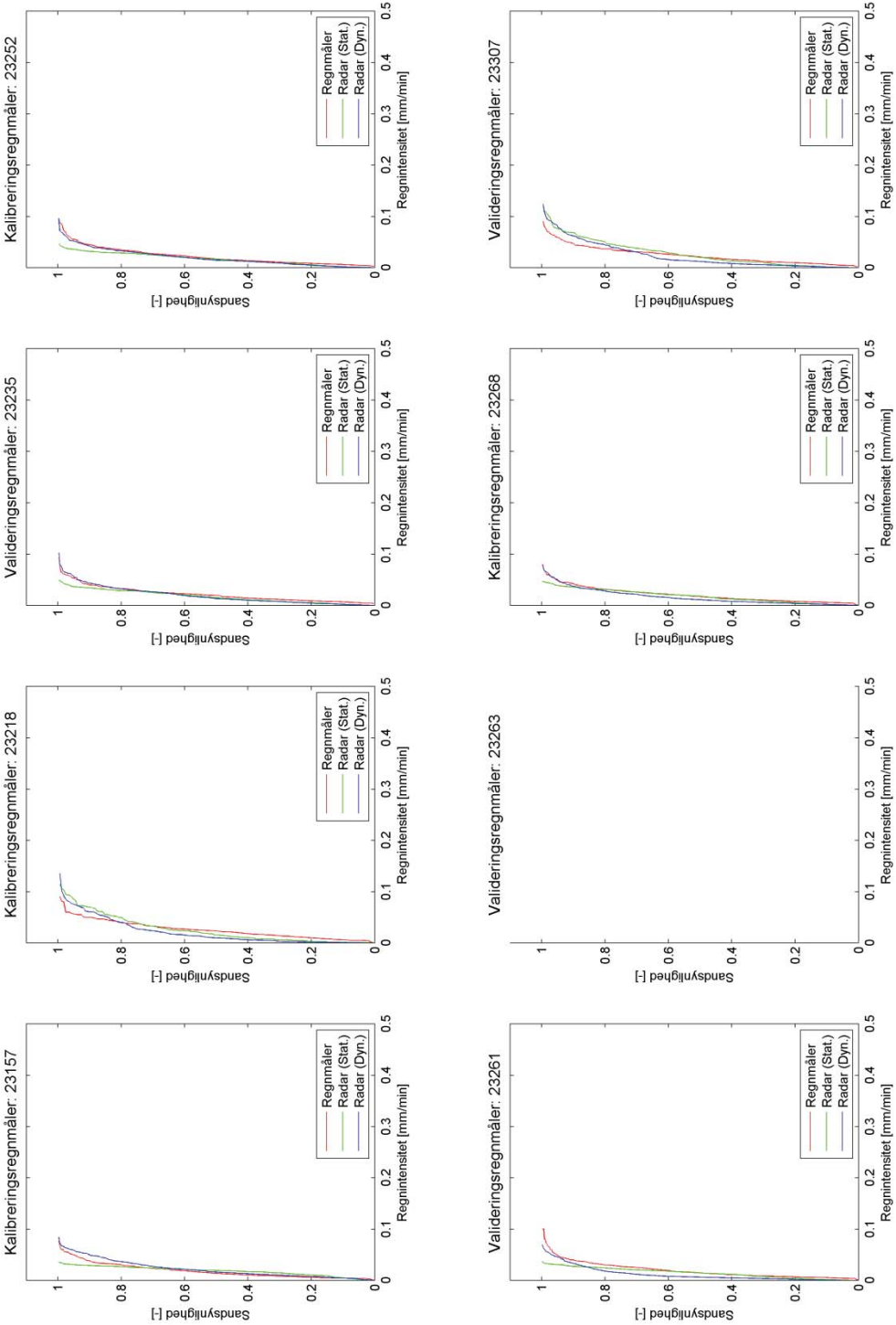
C-bånd: Dynamisk Justering (BIASfit) - Periode 3



Bilag 2 – Nedbørens intensitetsfordeling CDF-kurver

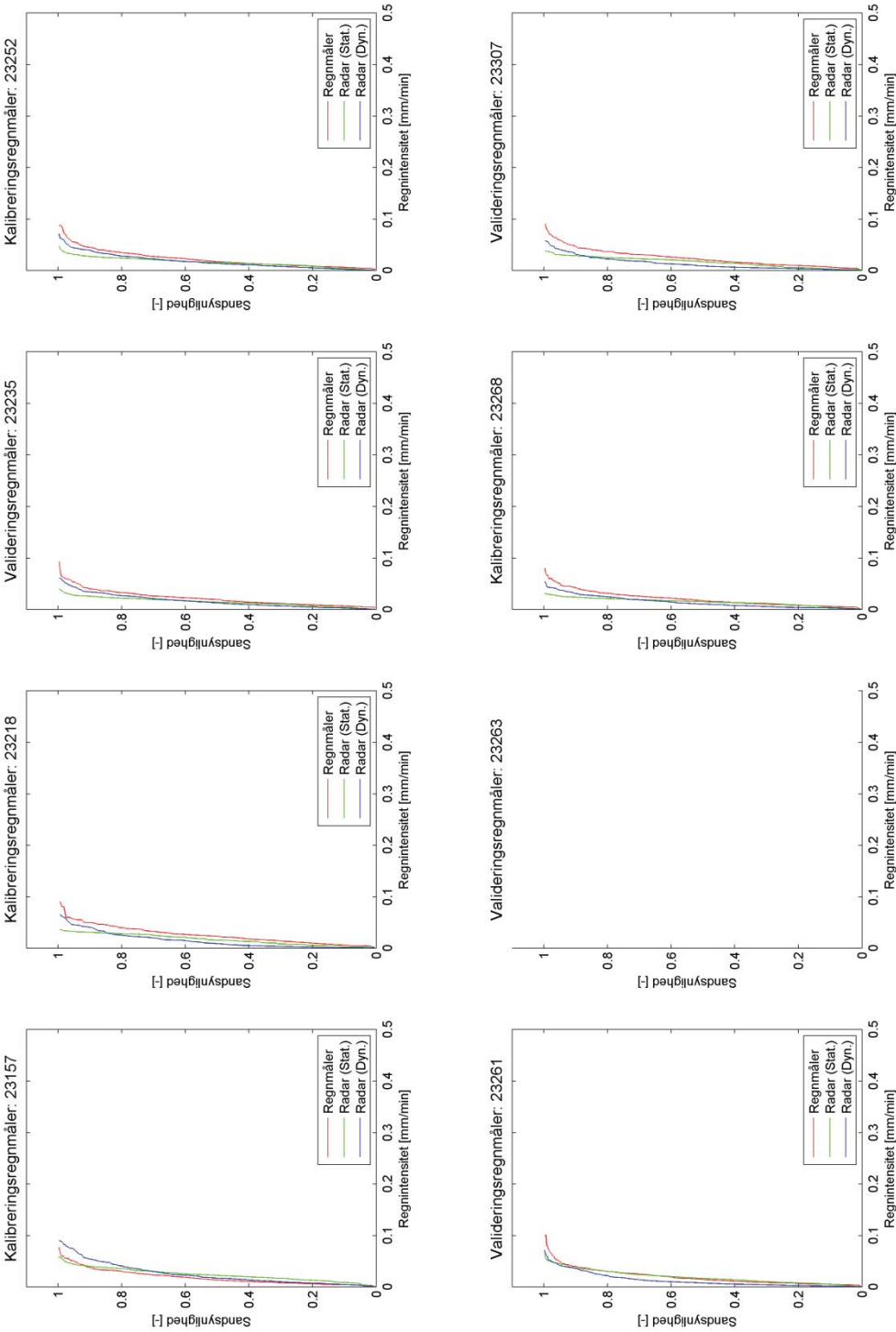
Periode 1: LAWR (Lin.Reg.)

LAWR: (Lin.Reg.) - Periode 1

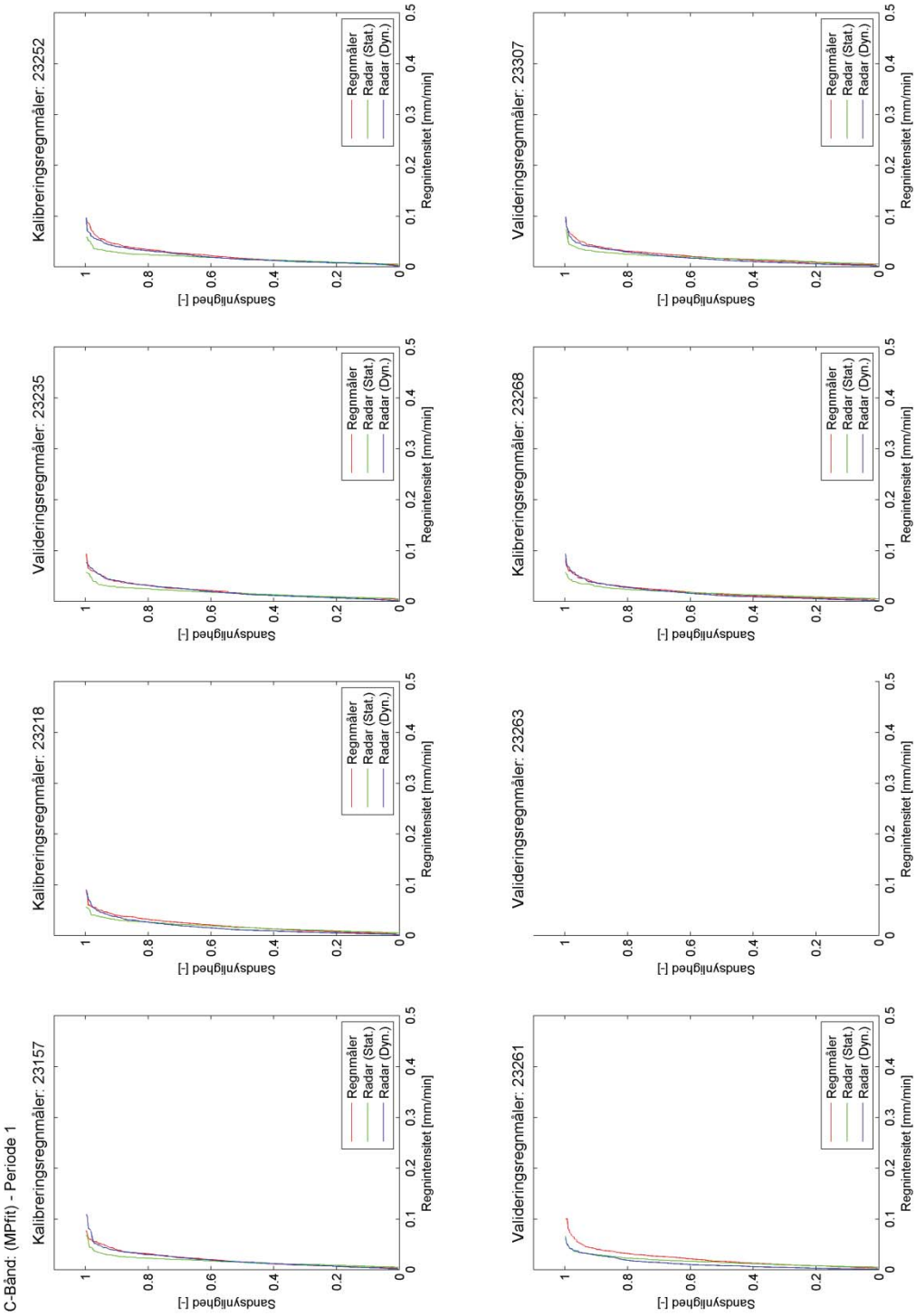


Periode 1: LAWR (2exp)

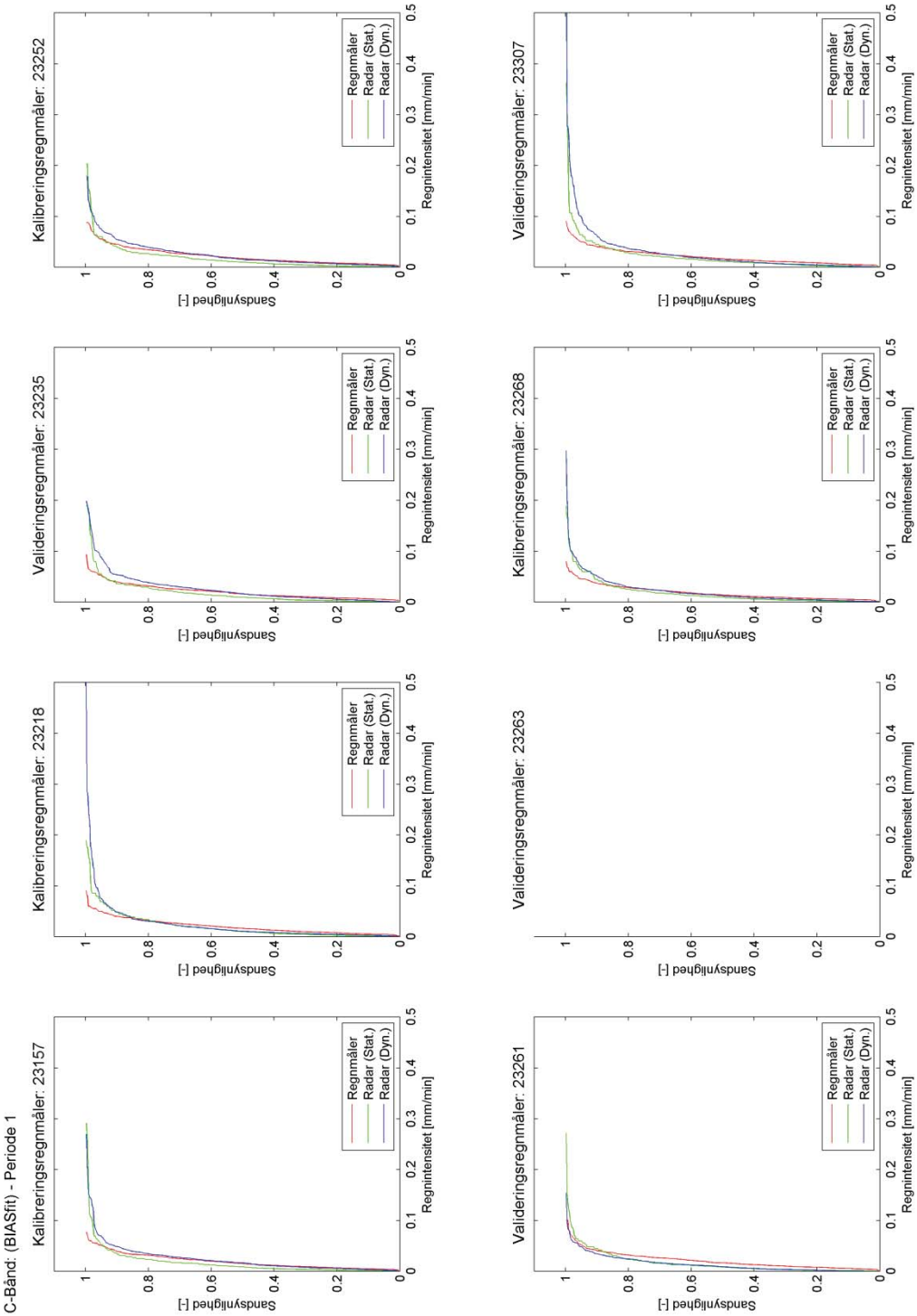
LAWR: (2exp) - Periode 1



Periode 1: C-bånd (MPfit)

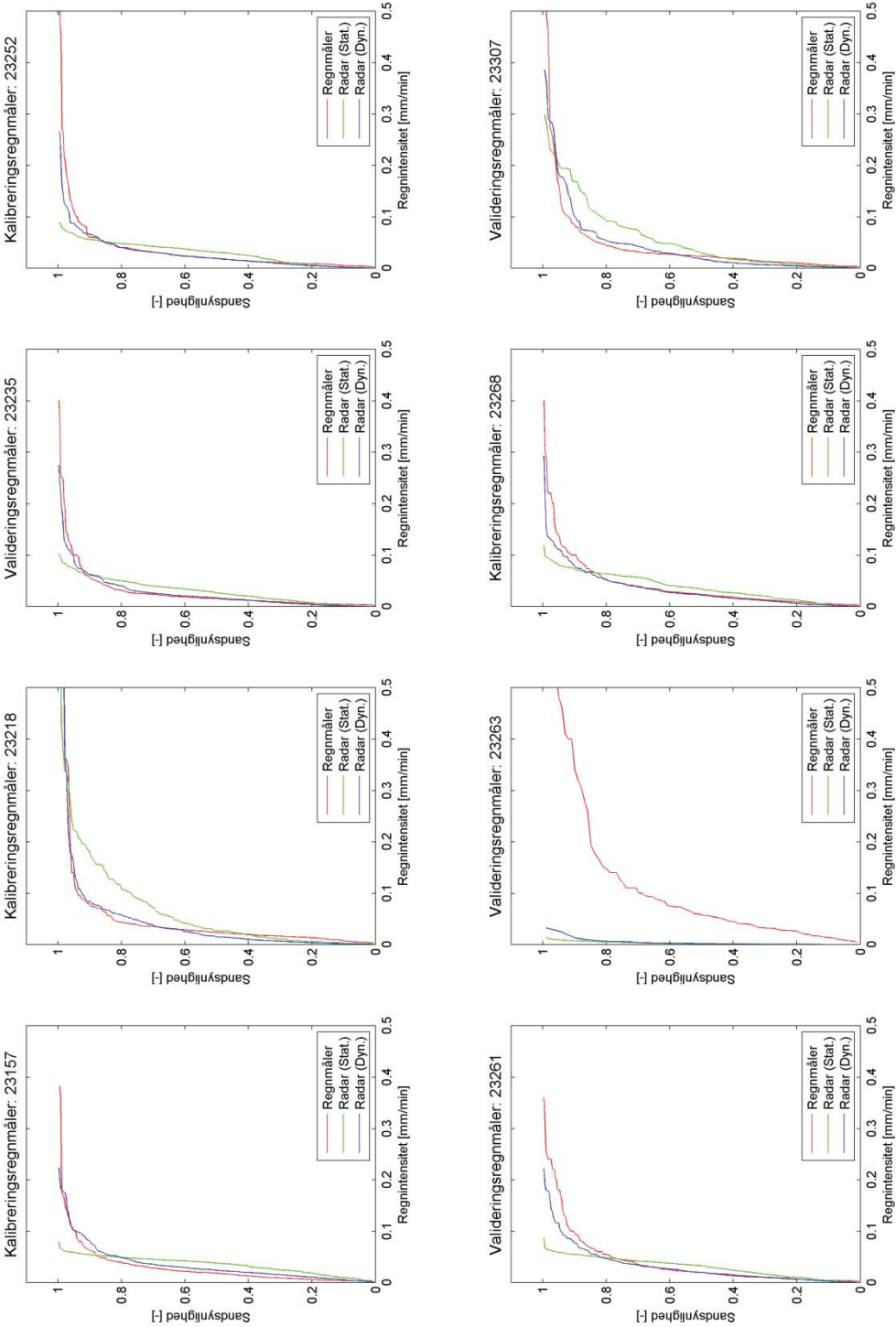


Periode 1: C-bånd (BIASfit)



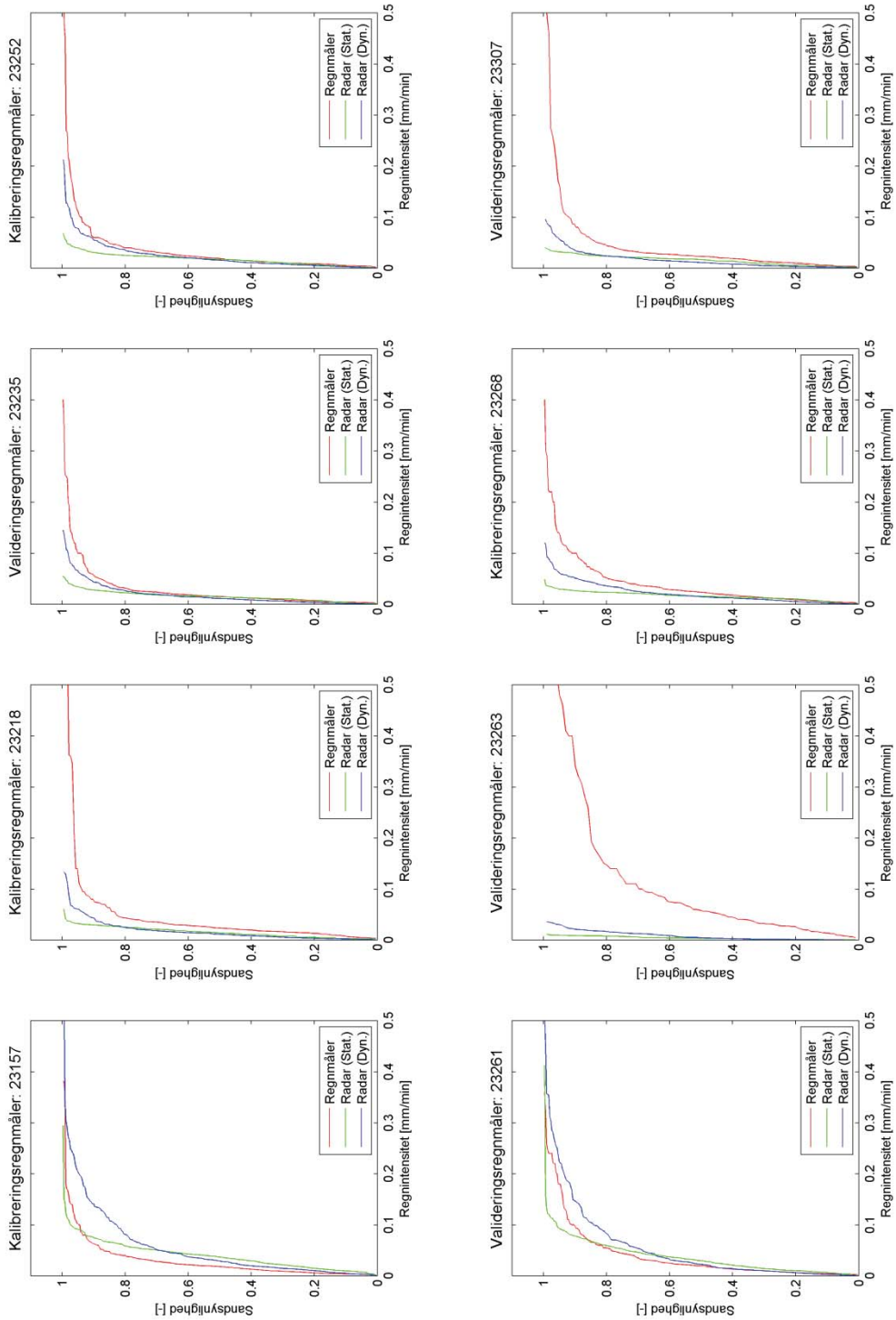
Periode 2: LAWR (Lin.Reg.)

LAWR: (Lin.Reg.) - Periode 2

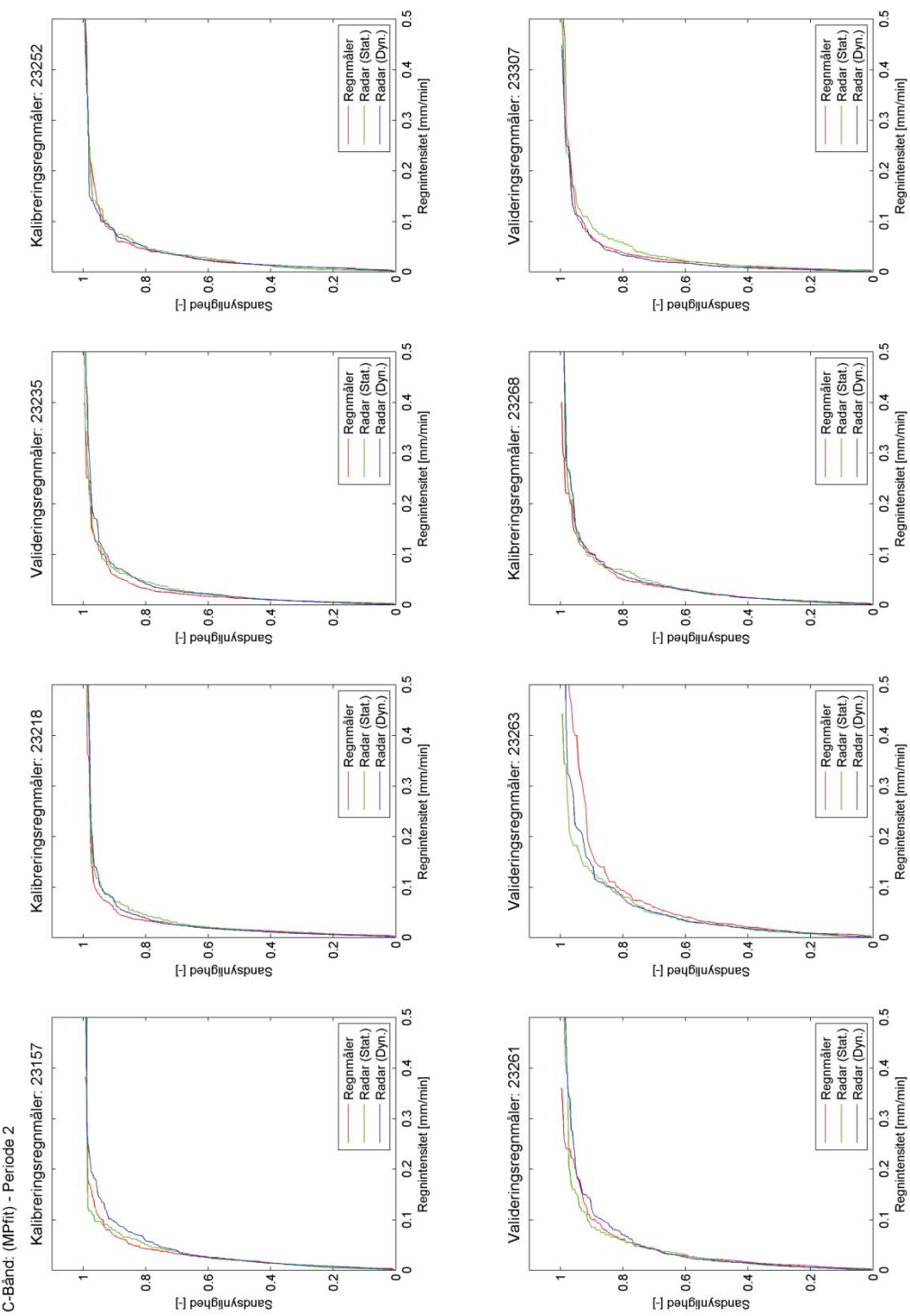


Periode 2: LAWR (2exp)

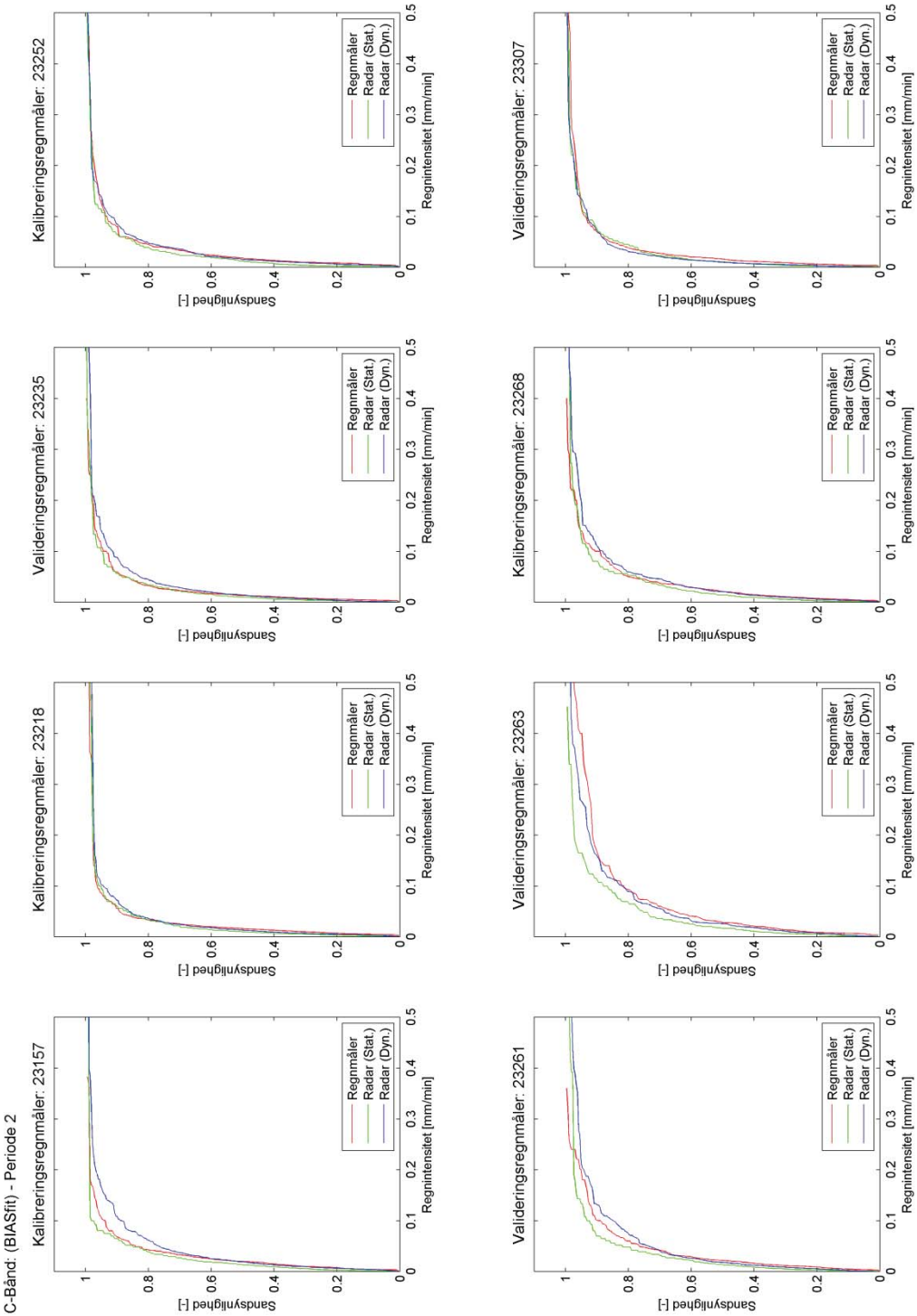
LAWR: (2exp) - Periode 2



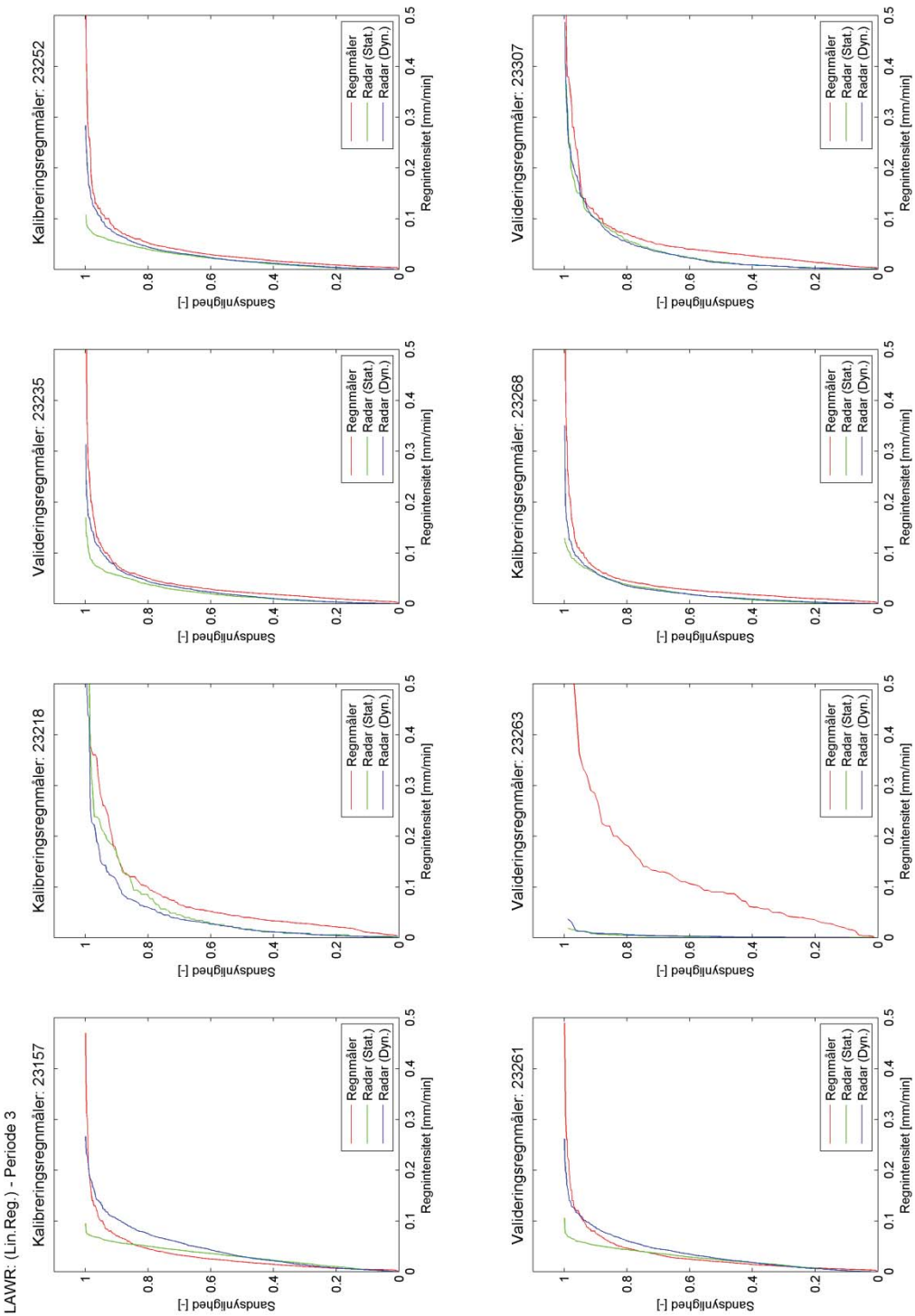
Periode 2: C-bånd (MPfit)



Periode 2: C-bånd (BIASfit)

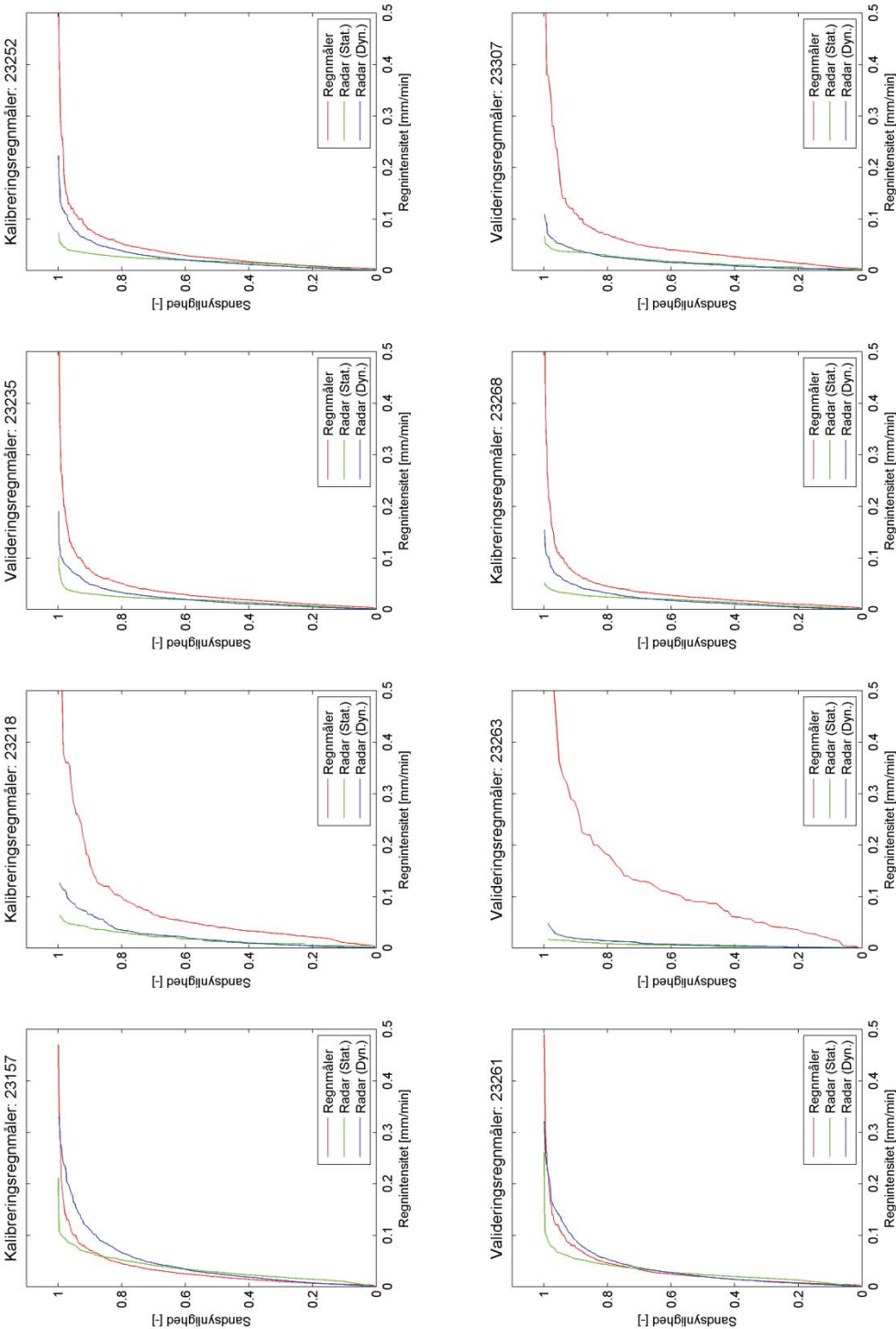


Periode 3: LAWR (Lin.Reg.)

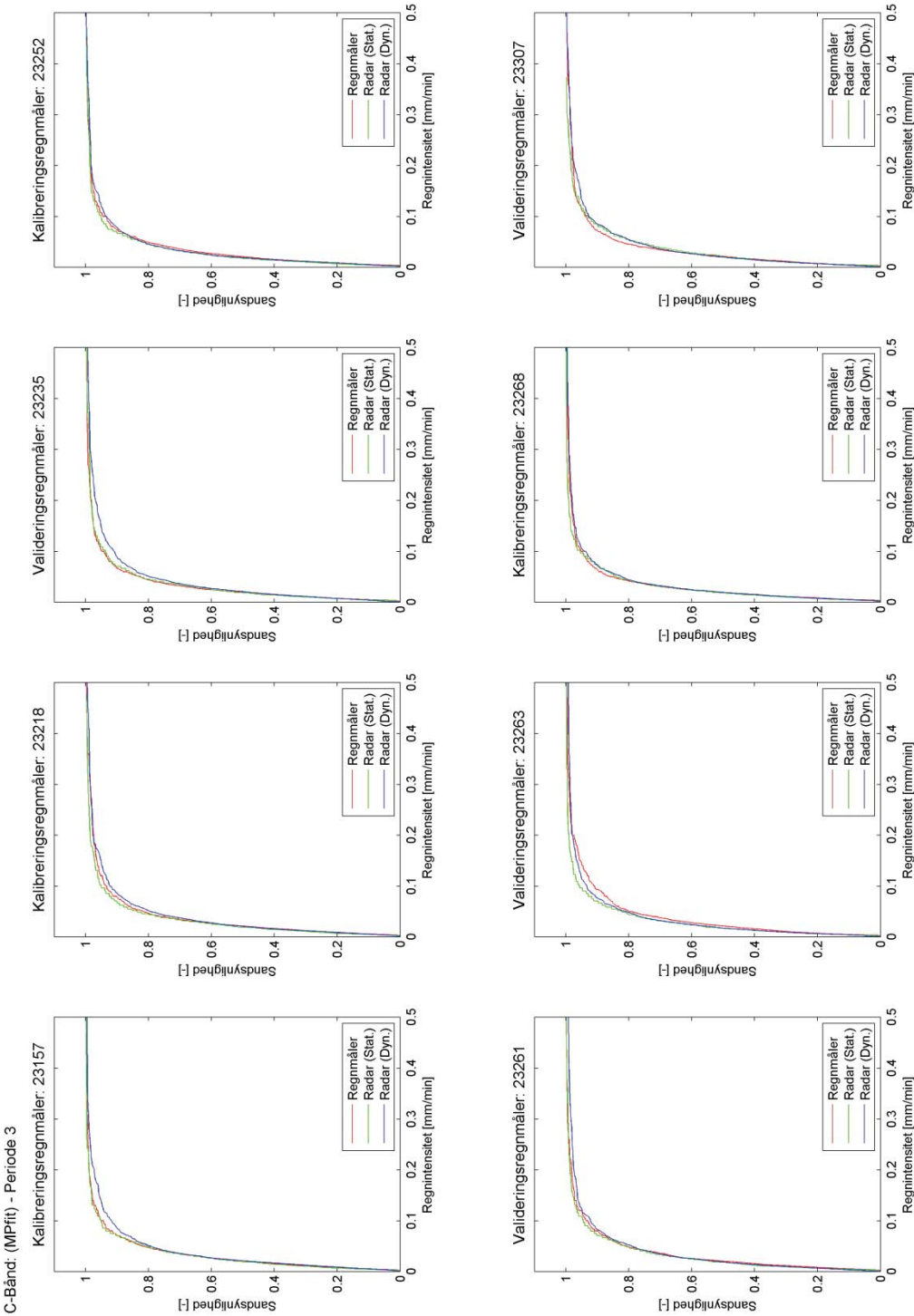


Periode 3: LAWR (2exp)

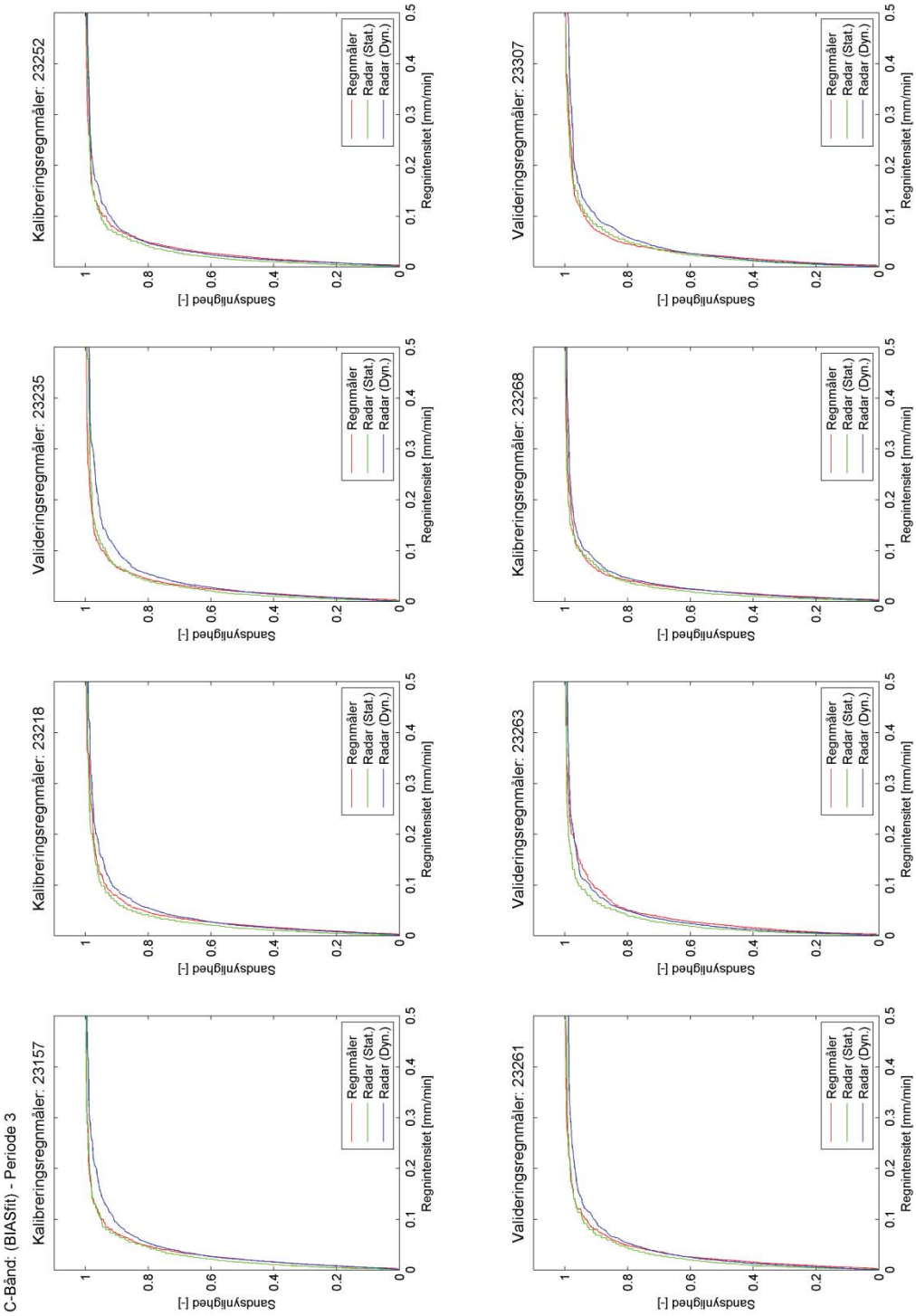
LAWR: (2exp) - Periode 3



Periode 3: C-bånd (MPfit)



Periode 3: C-bånd (BIASfit)

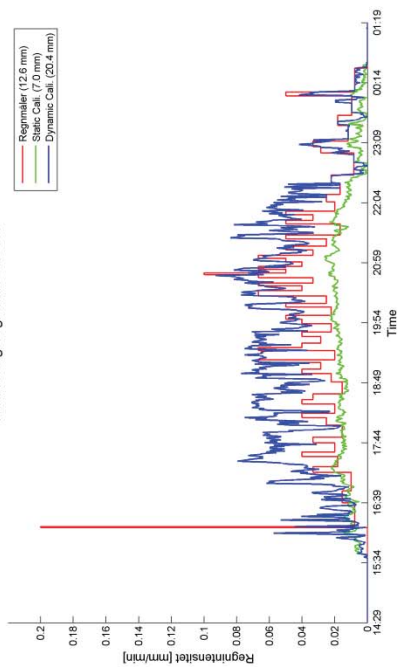


Bilag 3 – Tidsserier for udvalgte regnhændelsen

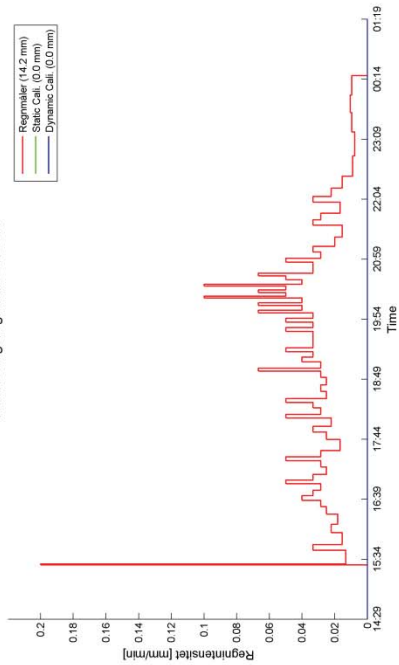
Periode 1 - Hændelse 1

LAWR: (LinReg) - 15-Jan-2011 14:29:00 til 16-Jan-2011 01:19:00

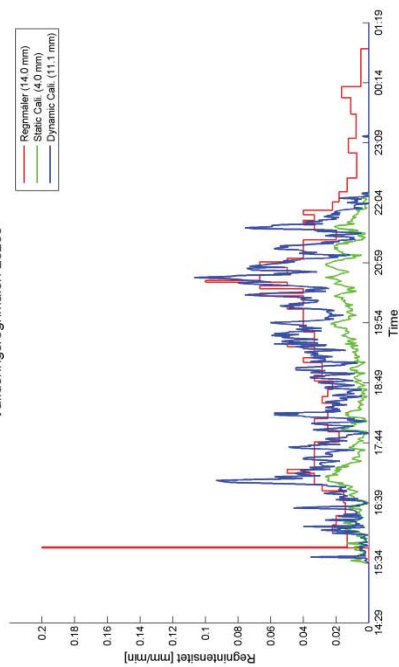
Kalibreringsregnmåler: 23157



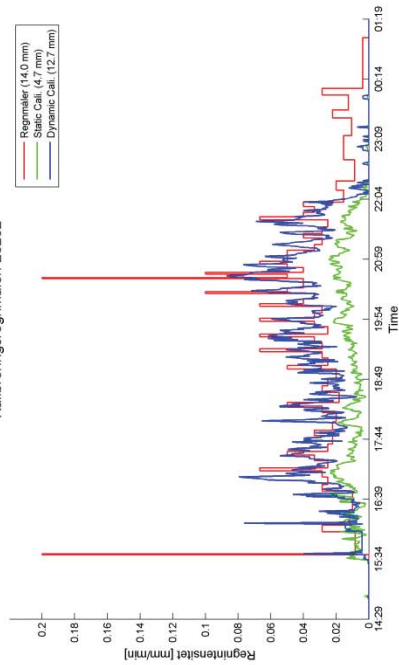
Kalibreringsregnmåler: 23218



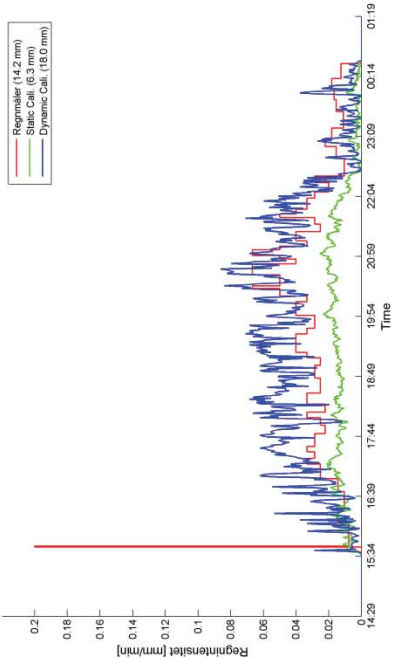
Valideringsregnmåler: 23235



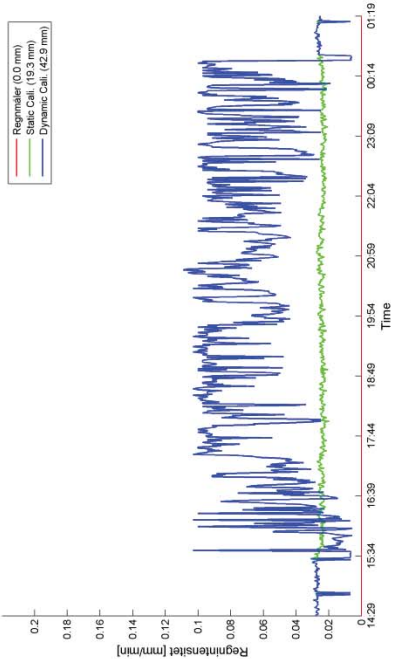
Kalibreringsregnmåler: 23252



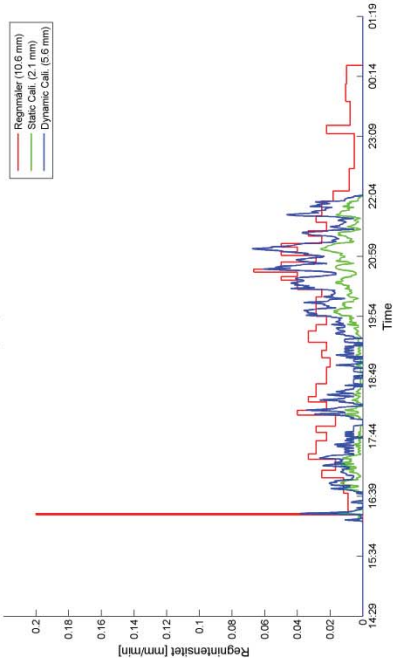
Valideringsregnmåler: 23261



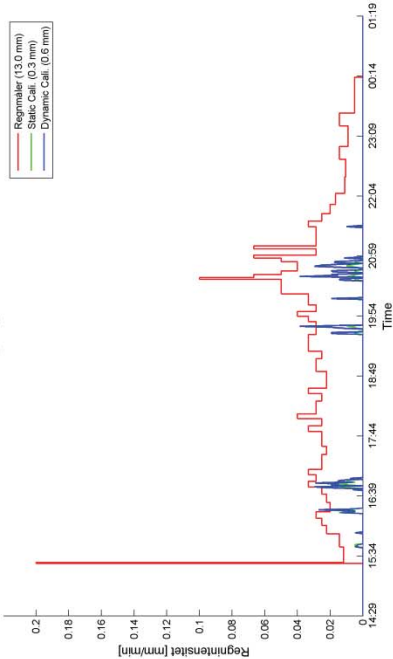
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268

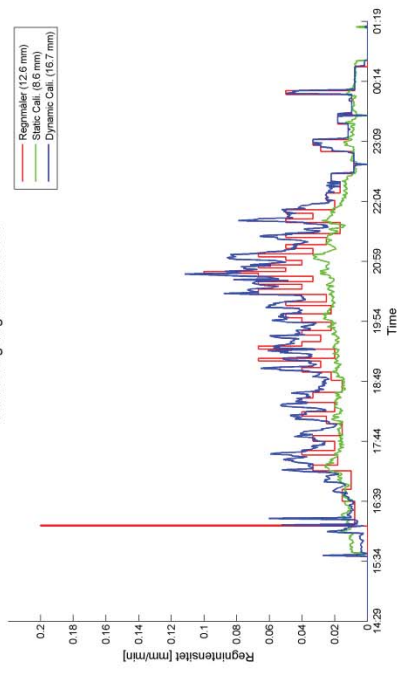


Valideringsregnmåler: 23307

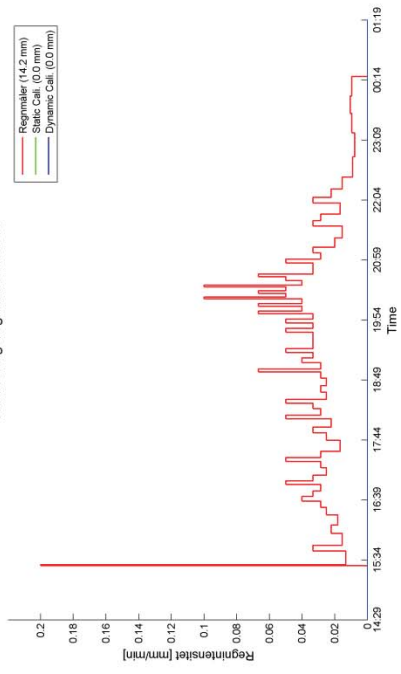


LAWR (2exp) - 15-Jan-2011 14:29:00 til 16-Jan-2011 01:19:00

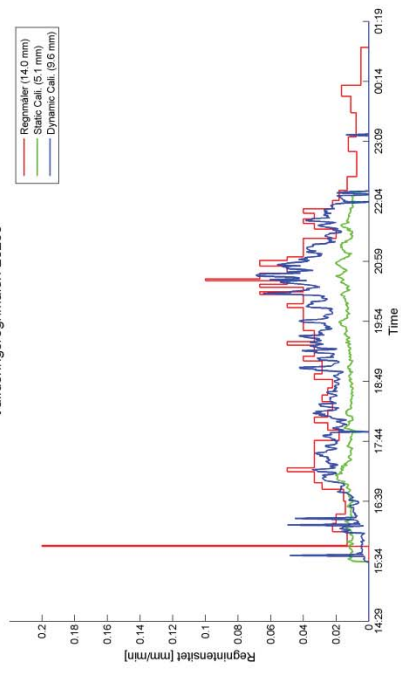
Kalibreringsregnmåler: 23157



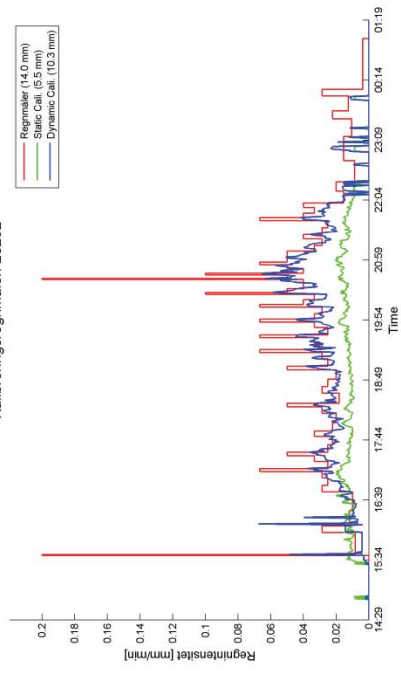
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

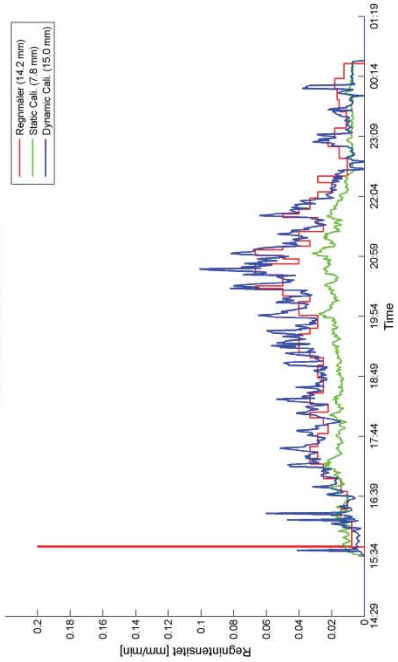


Kalibreringsregnmåler: 23252

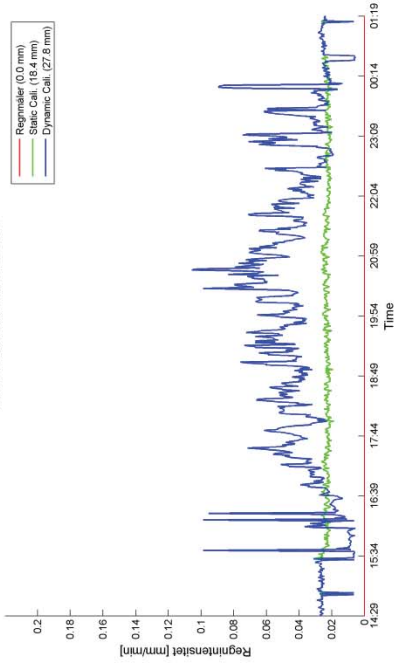


LAWR (2exp) - 15-Jan-2011 14:29:00 til 16-Jan-2011 01:19:00

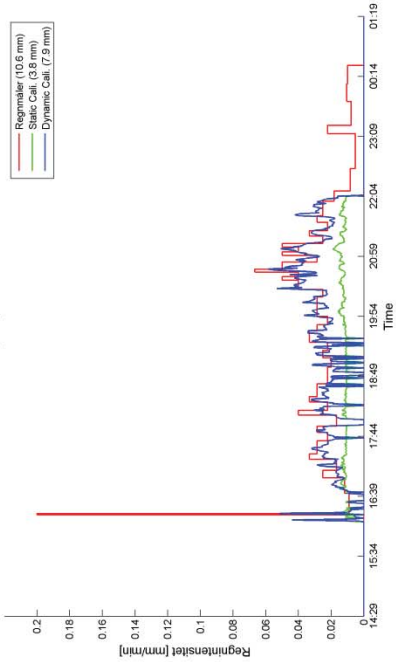
Valideringsregnmåler: 23261



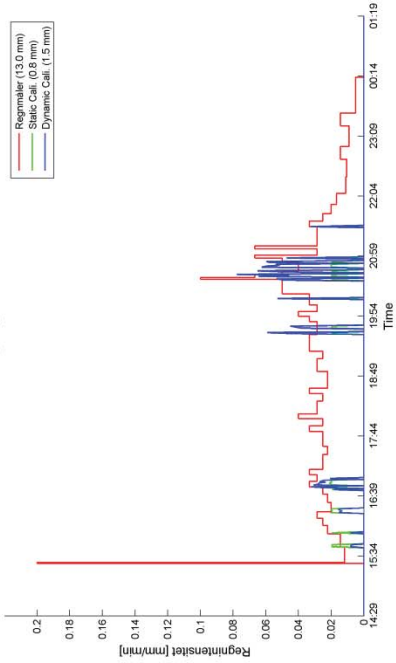
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268

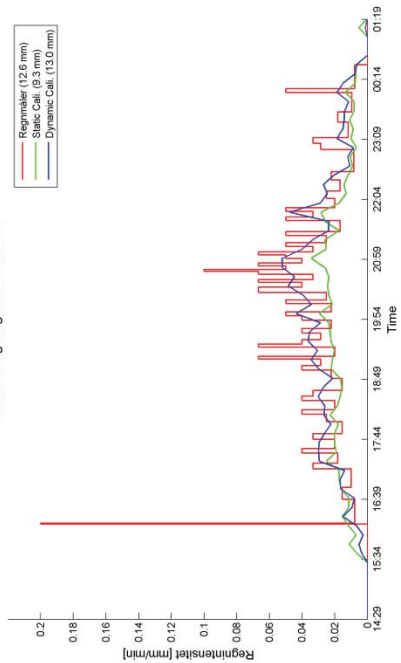


Valideringsregnmåler: 23307

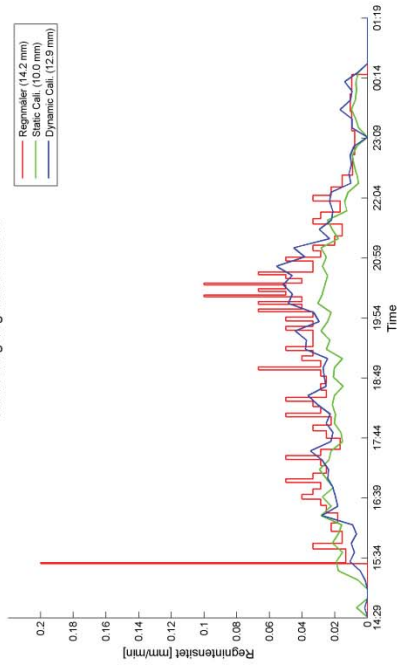


C-bånd: (MPfit) - 15-Jan-2011 14:29:00 til 16-Jan-2011 01:19:00

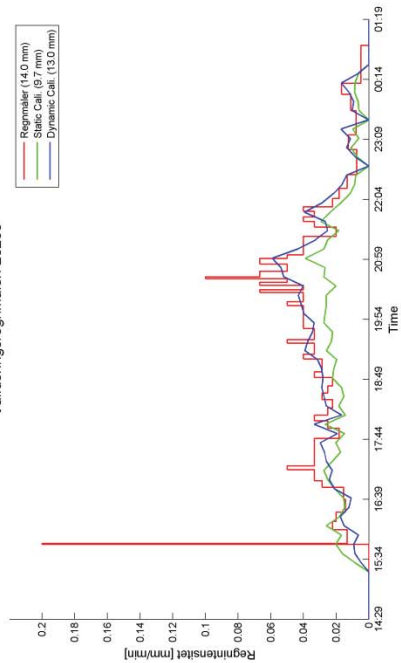
Kalibreringsregnmåler: 23157



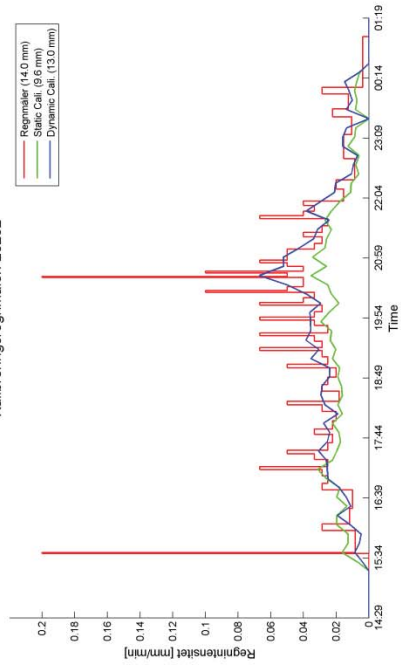
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

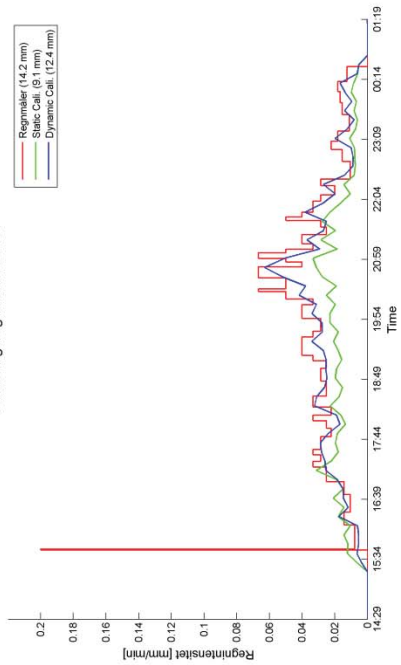


Kalibreringsregnmåler: 23252

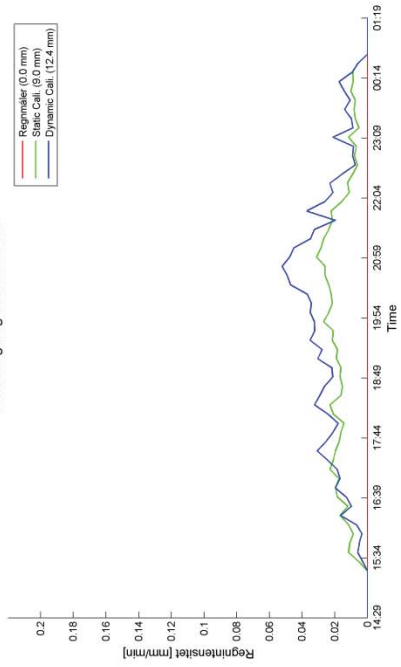


C-bånd: (MPfit) - 15-Jan-2011 14:29:00 til 16-Jan-2011 01:19:00

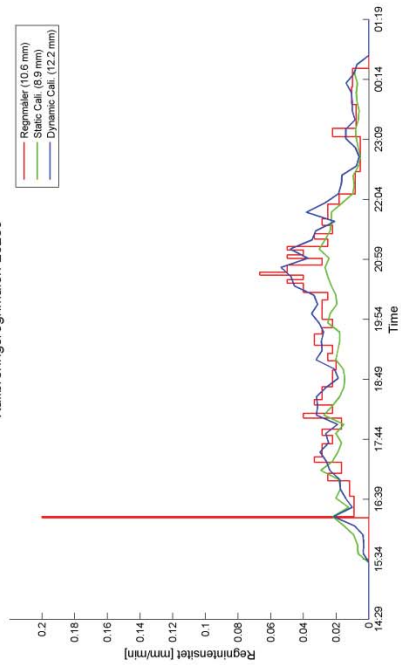
Valideringsregnmåler: 23261



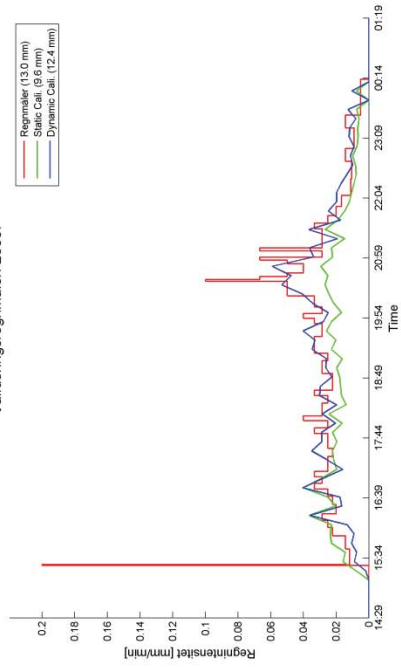
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268

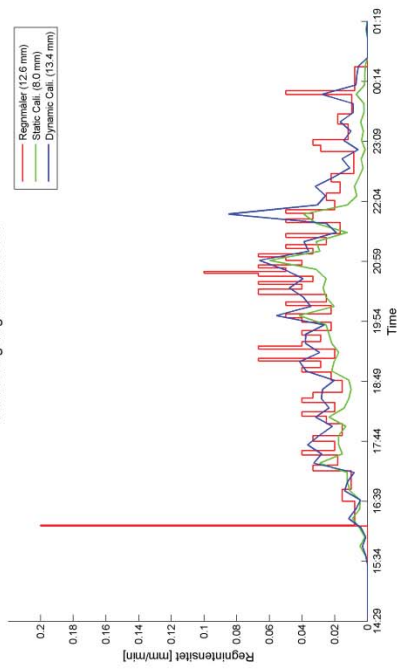


Valideringsregnmåler: 23307

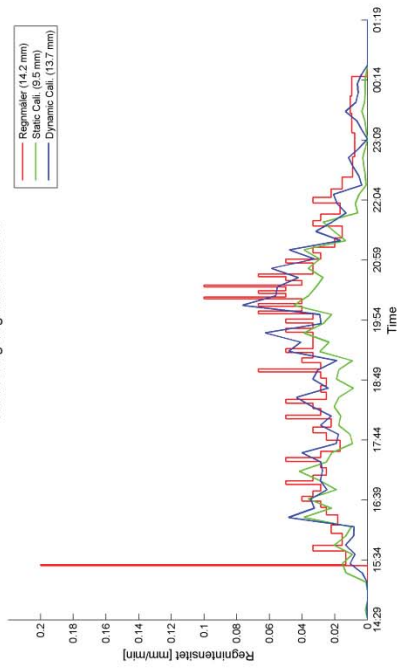


C-bånd: (BIASfit) - 15-Jan-2011 14:29:00 til 16-Jan-2011 01:19:00

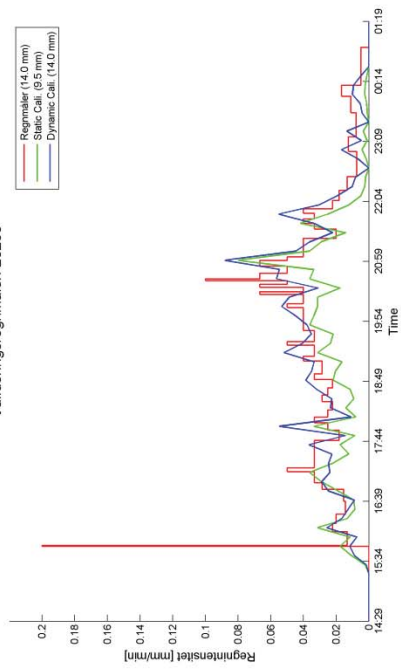
Kalibreringsregnmåler: 23157



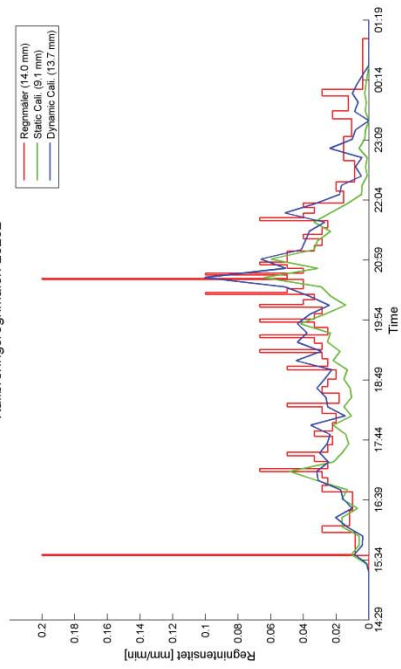
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

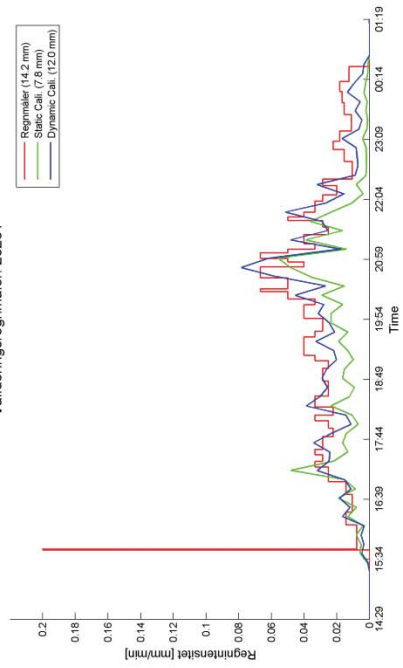


Kalibreringsregnmåler: 23252

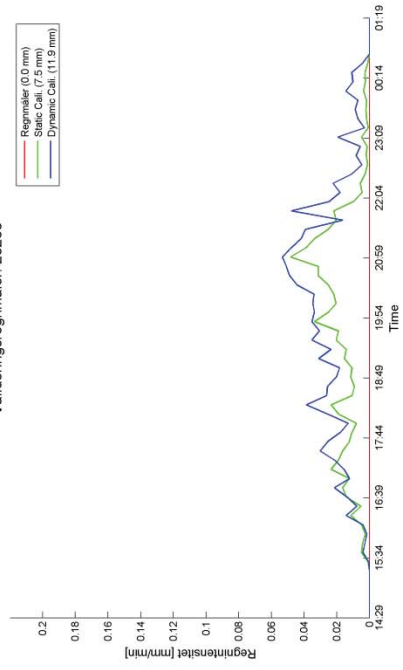


C-bånd: (BIASfit) - 15-Jan-2011 14:29:00 til 16-Jan-2011 01:19:00

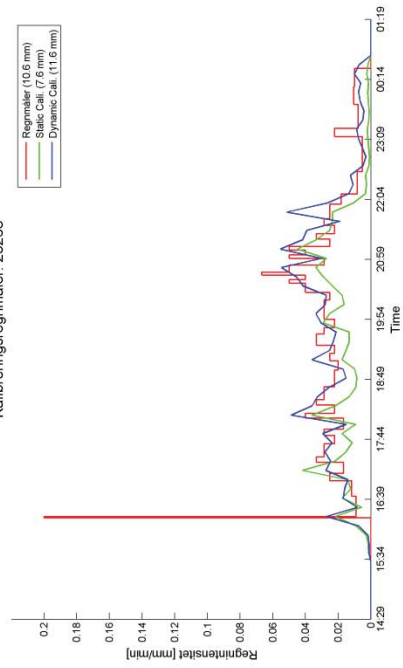
Valideringsregnmåler: 23261



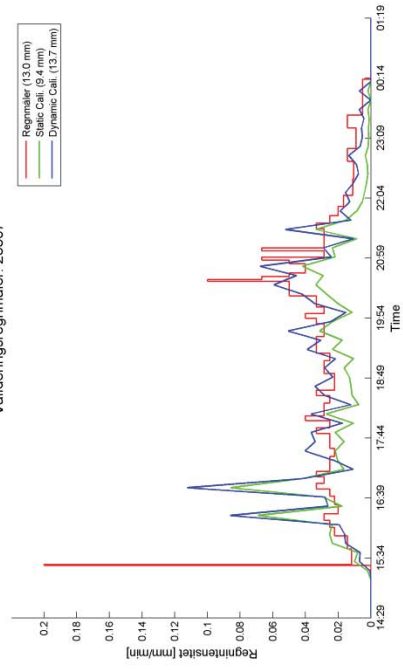
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268



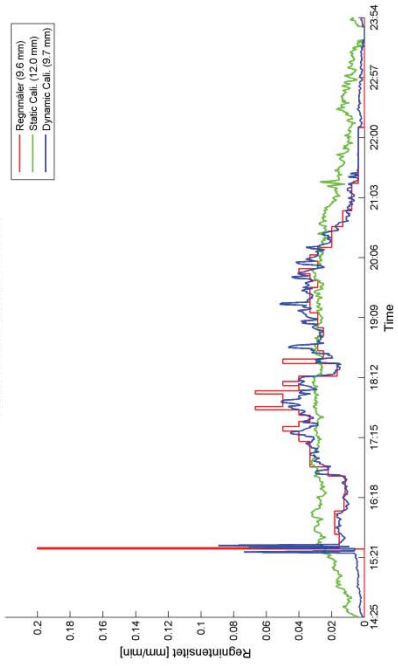
Valideringsregnmåler: 23307



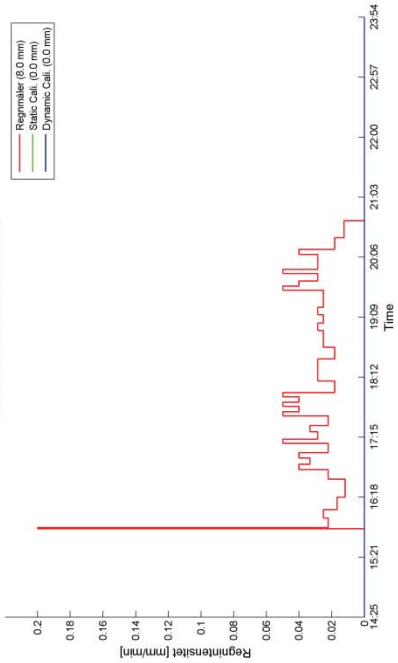
Periode 1 - Hændelse 2

LAWR: (LinReg) - 06-Feb-2011 14:25:00 til 06-Feb-2011 23:54:00

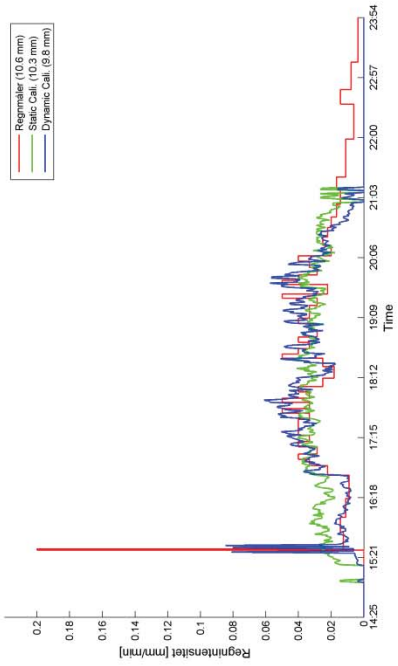
Kalibreringsregnmåler: 23157



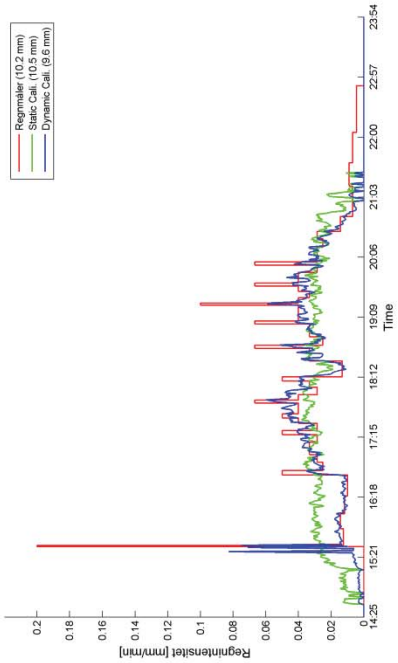
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

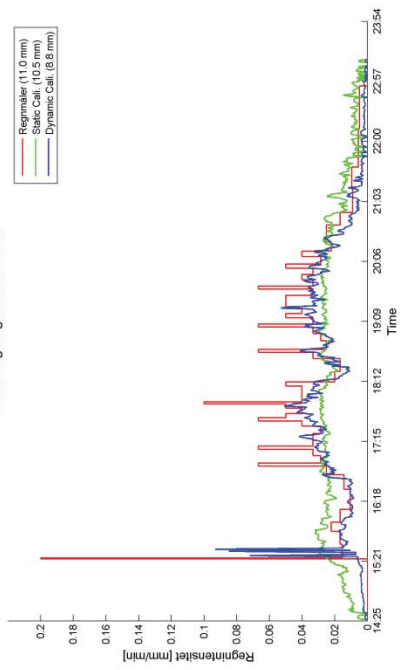


Kalibreringsregnmåler: 23252

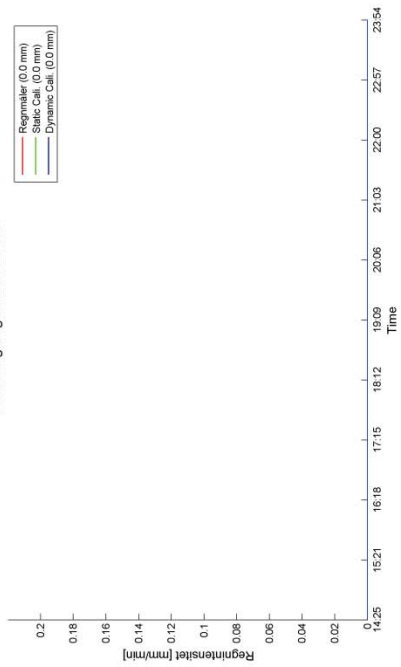


LAWR (LinReg) - 06-Feb-2011 14:25:00 til 06-Feb-2011 23:54:00

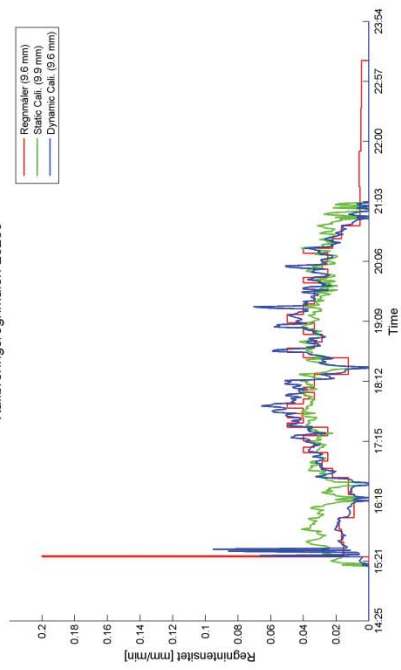
Valideringsregnmåler: 23261



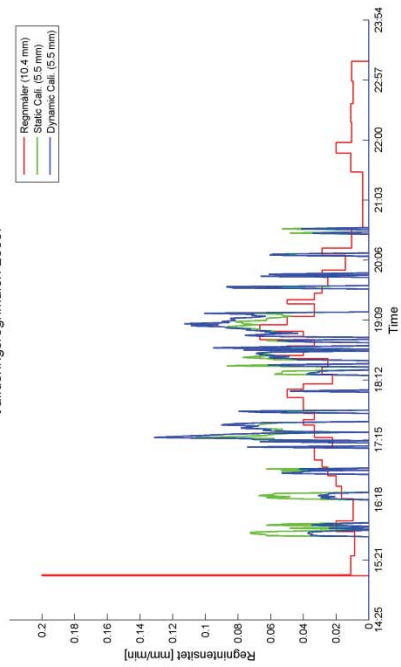
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268

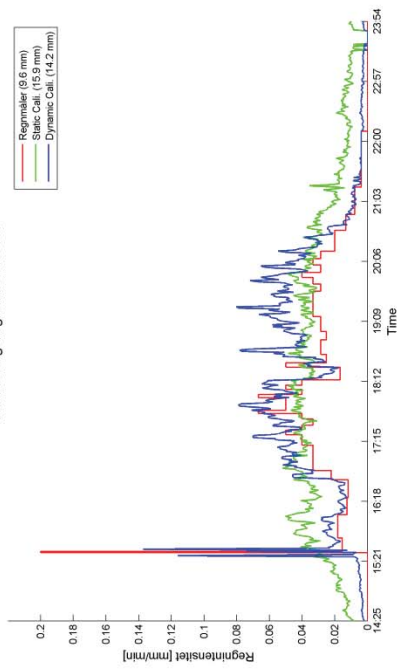


Valideringsregnmåler: 23307

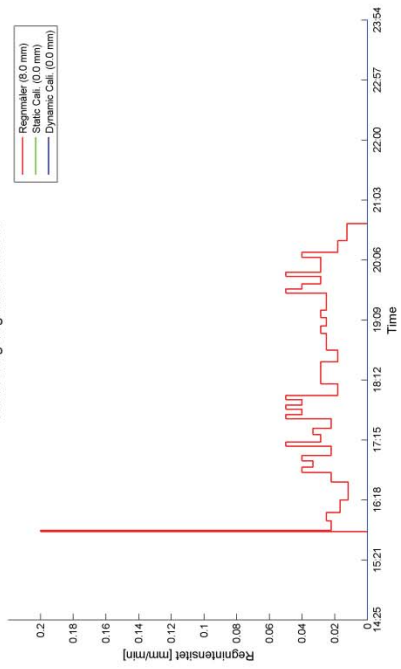


LAWR (2exp) - 06-Feb-2011 14:25:00 til 06-Feb-2011 23:54:00

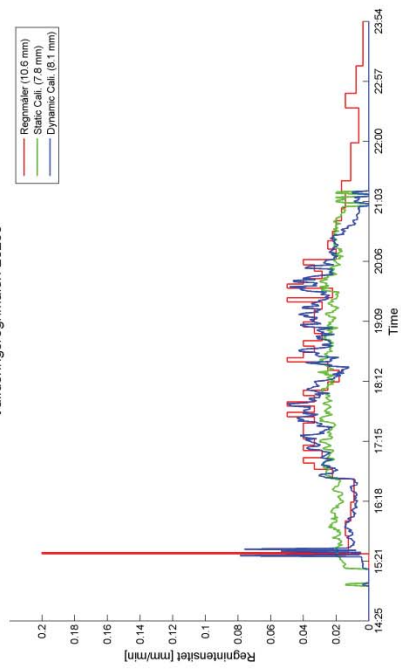
Kalibreringsregnmåler: 23157



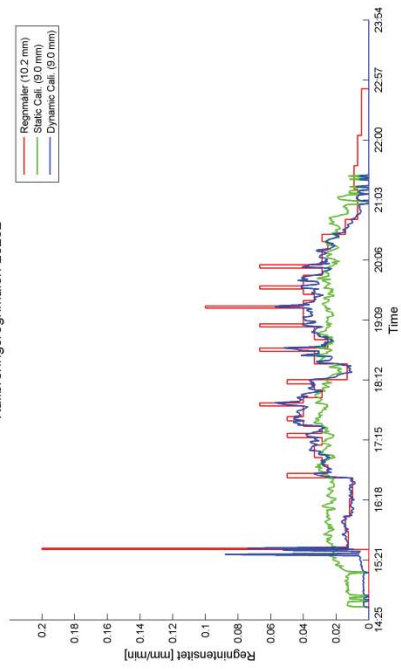
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

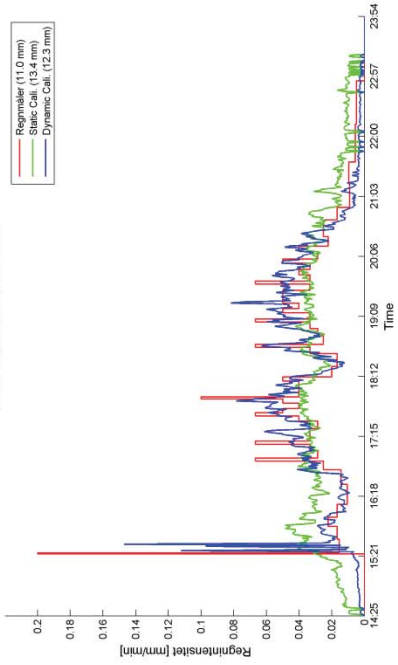


Kalibreringsregnmåler: 23252

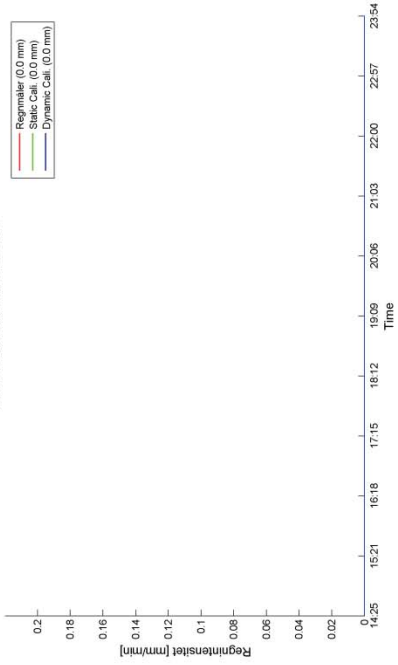


LAWR (2exp) - 06-Feb-2011 14:25:00 til 06-Feb-2011 23:54:00

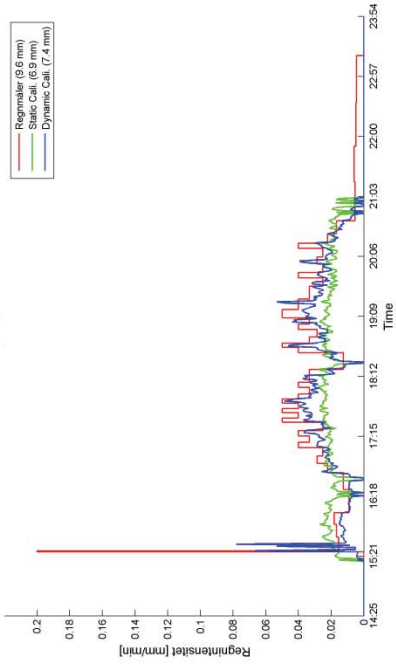
Valideringsregnmåler: 23261



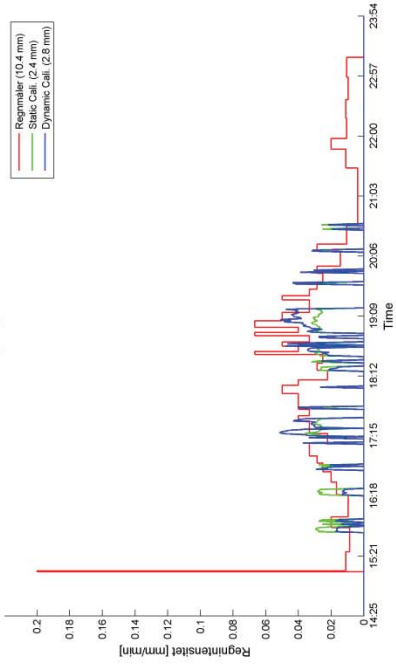
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268

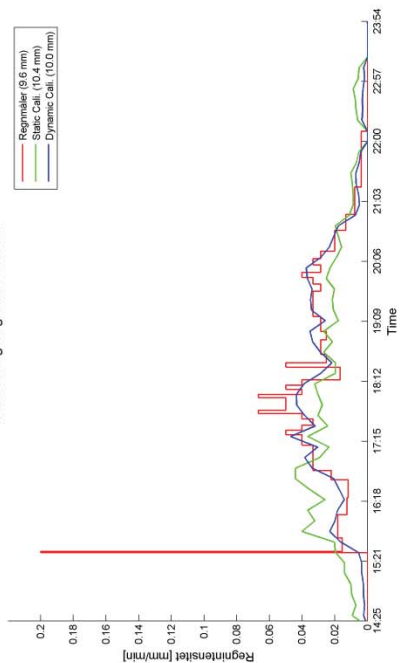


Valideringsregnmåler: 23307

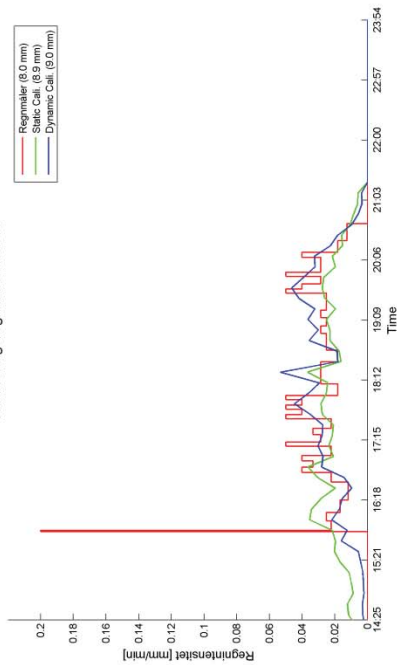


C-bånd: (MPfit) - 06-Feb-2011 14:25:00 til 06-Feb-2011 23:54:00

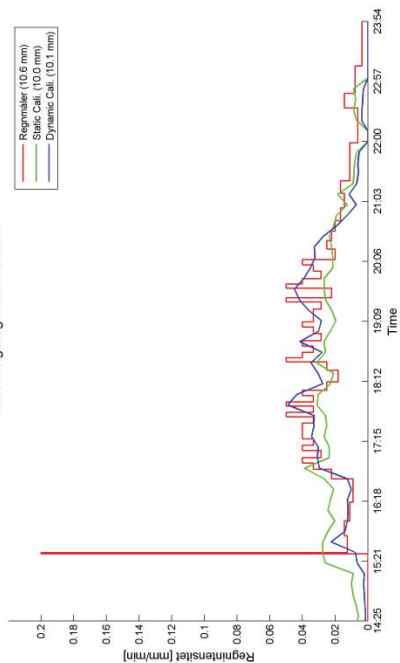
Kalibreringsregnmåler: 23157



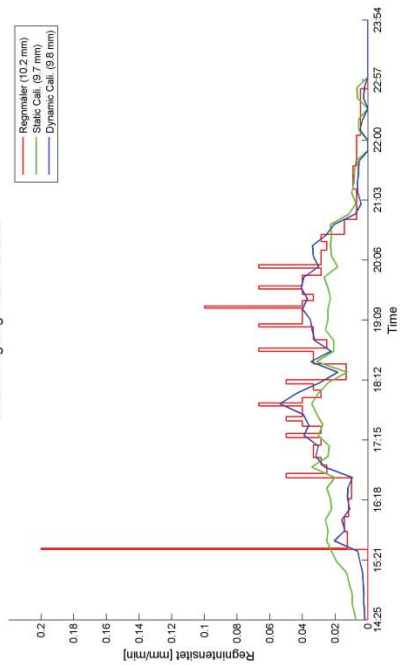
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

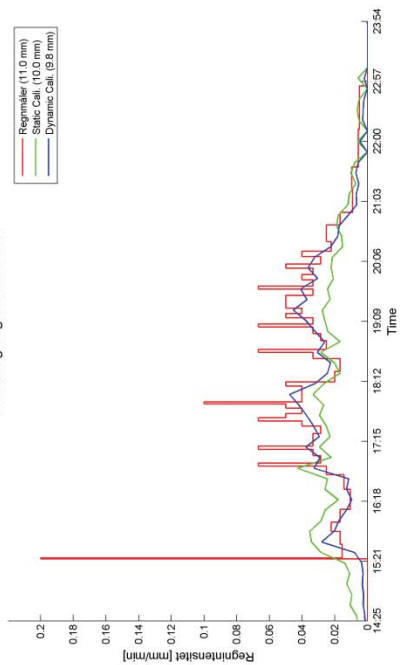


Kalibreringsregnmåler: 23252

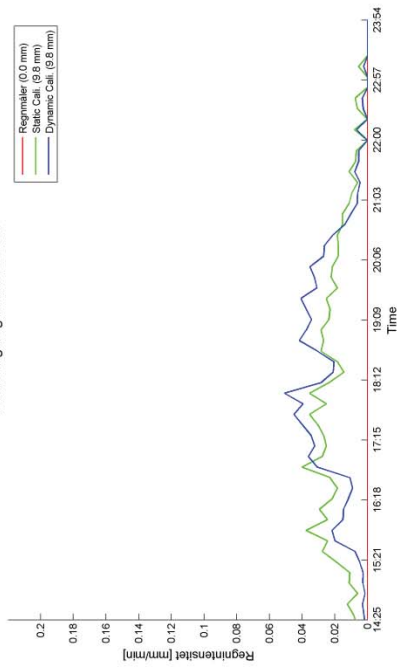


C-bånd: (MPfit) - 06-Feb-2011 14:25:00 til 06-Feb-2011 23:54:00

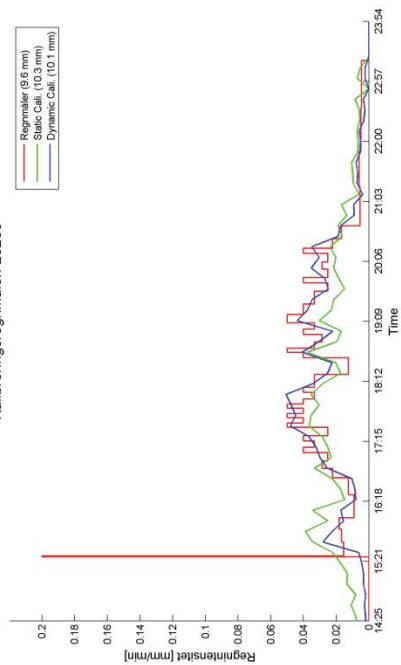
Valideringsregnmåler: 23261



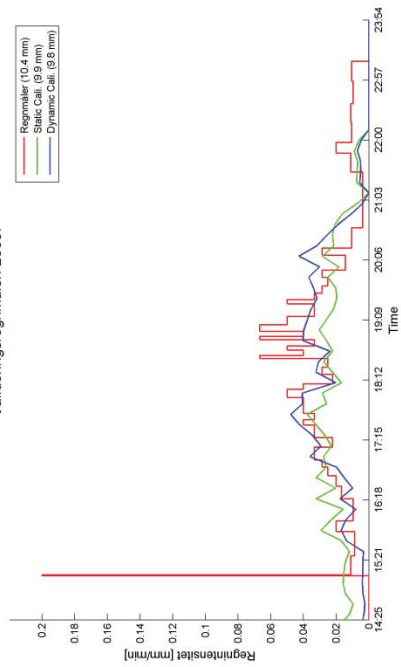
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268

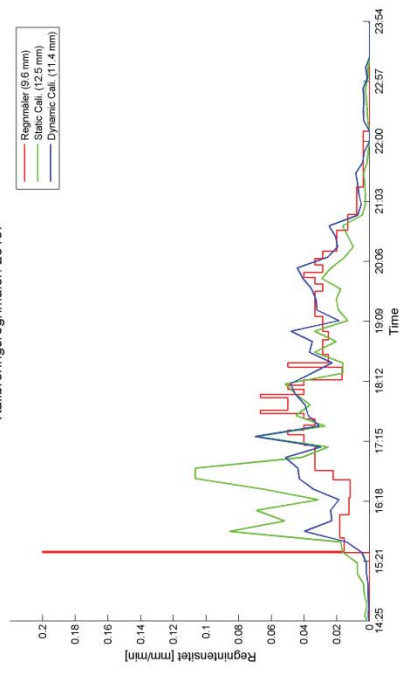


Valideringsregnmåler: 23307

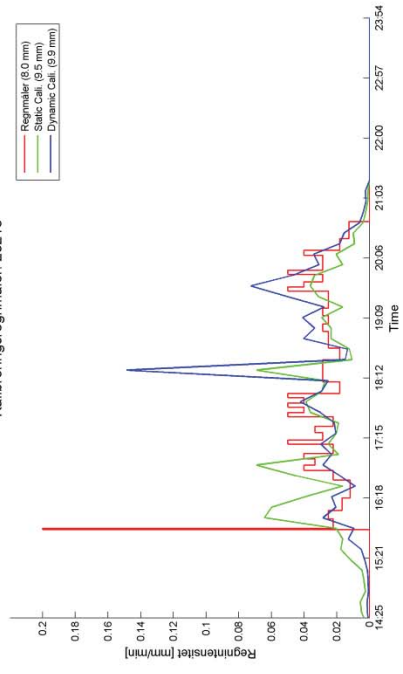


C-bånd: (BIASfit) - 06-Feb-2011 14:25:00 til 06-Feb-2011 23:54:00

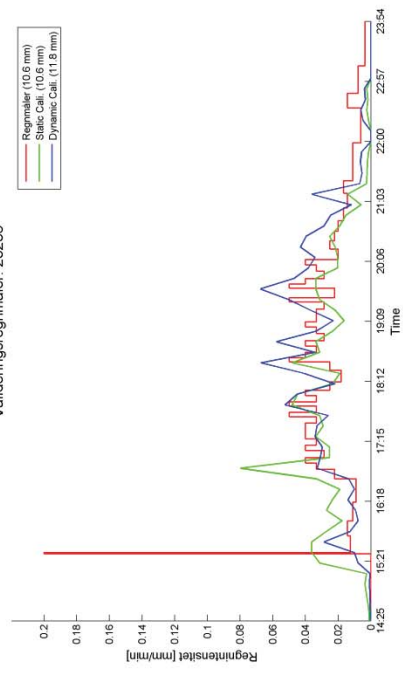
Kalibreringsregnmåler: 23157



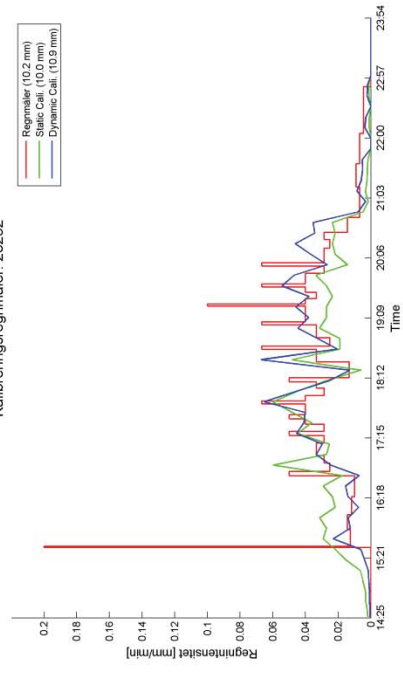
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

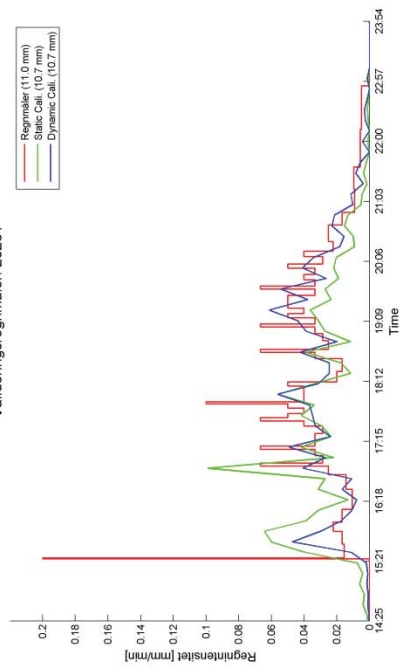


Kalibreringsregnmåler: 23252

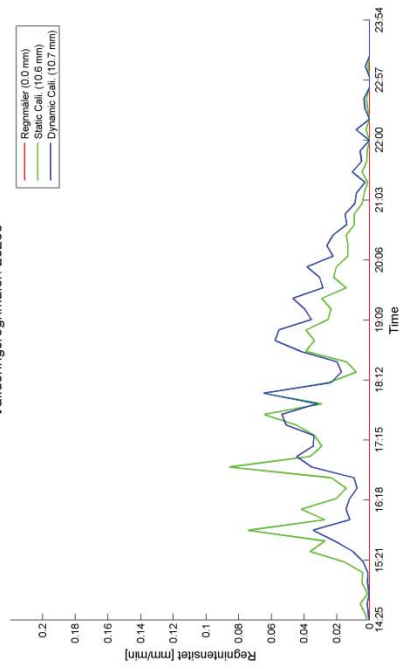


C-bånd: (BIASfit) - 06-Feb-2011 14:25:00 til 06-Feb-2011 23:54:00

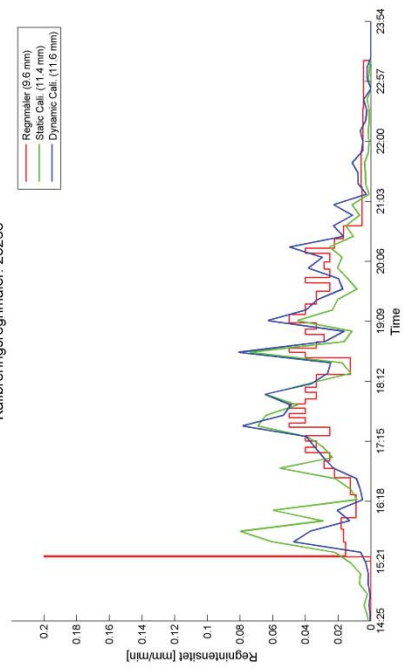
Valideringsregnmåler: 23261



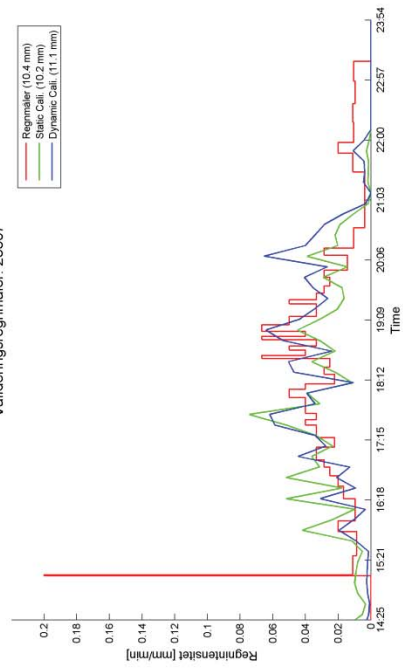
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268

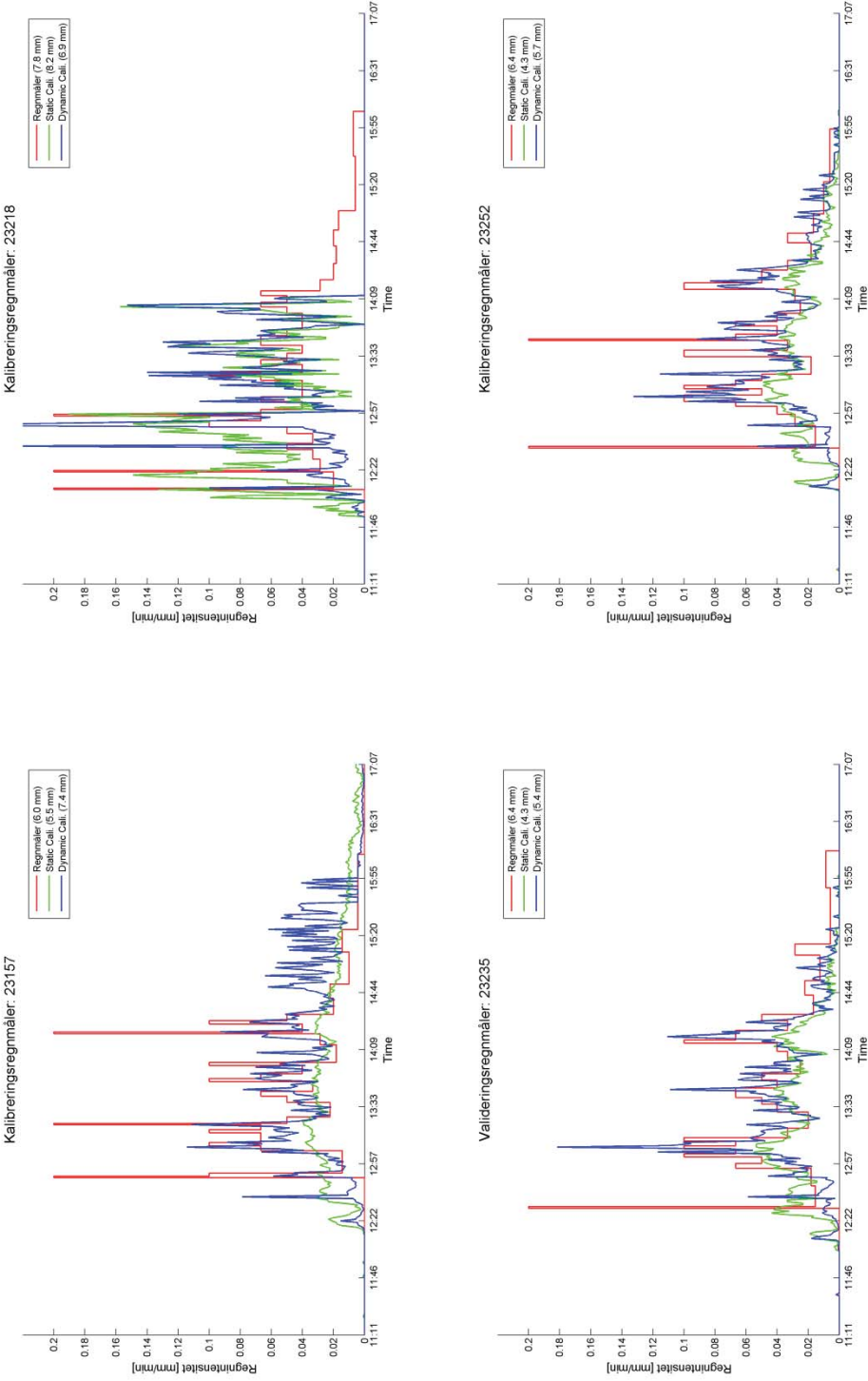


Valideringsregnmåler: 23307



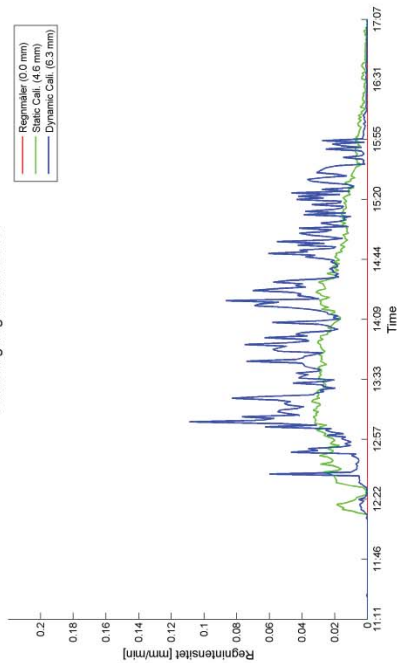
Periode 1 - Hændelse 3

LAWR: (LinReg) - 05-Apr-2011 11:11:00 til 05-Apr-2011 17:07:00



LAWR (LinReg) - 05-Apr-2011 11:11:00 til 05-Apr-2011 17:07:00

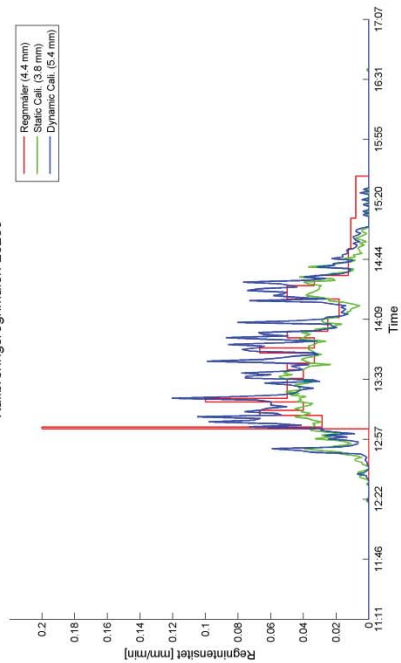
Valideringsregnmåler: 23261



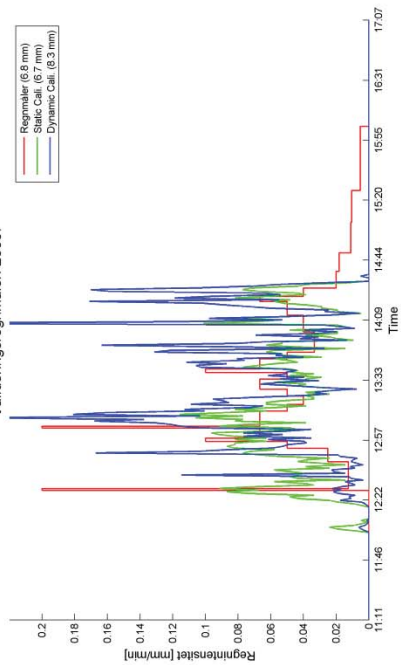
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268

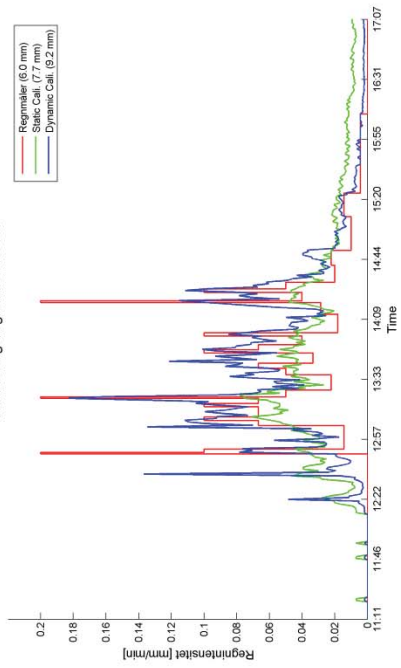


Valideringsregnmåler: 23307

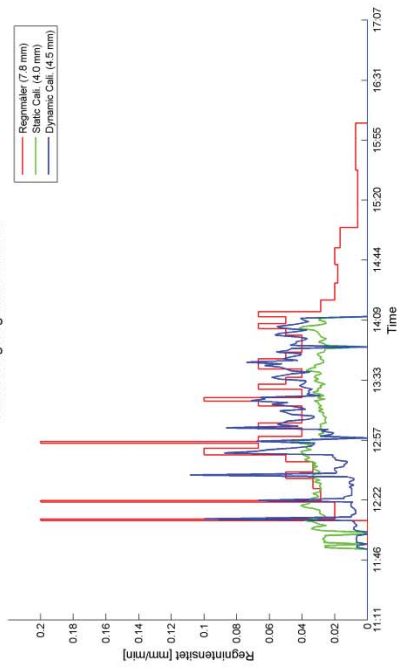


LAWR (2exp) - 05-Apr-2011 11:11:00 til 05-Apr-2011 17:07:00

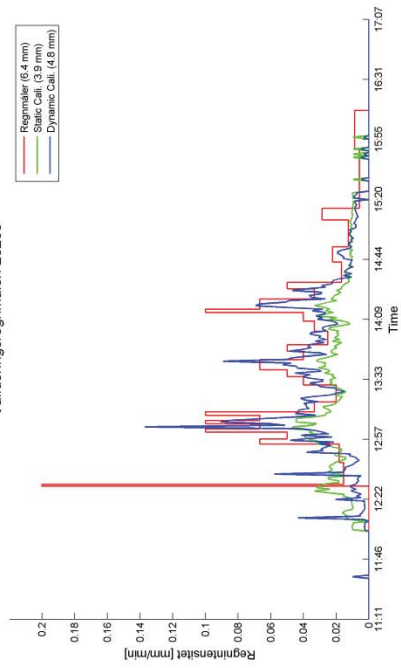
Kalibreringsregnmåler: 23157



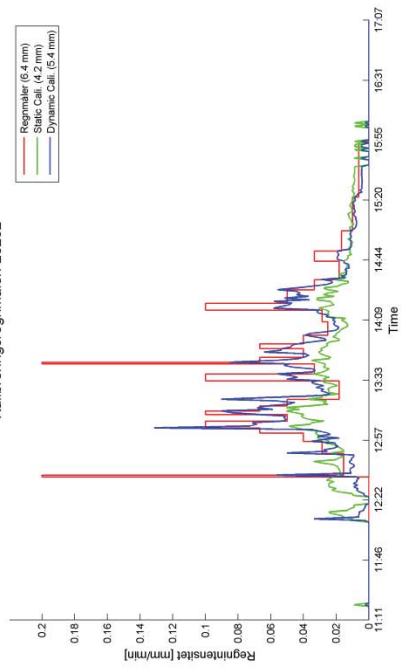
Kalibreringsregnmåler: 23218



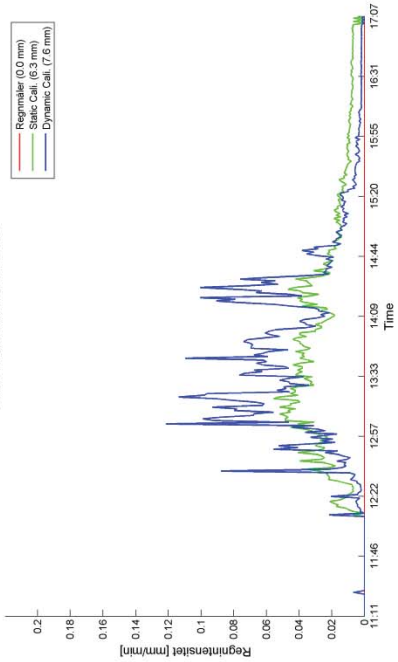
Valideringsregnmåler: 23235



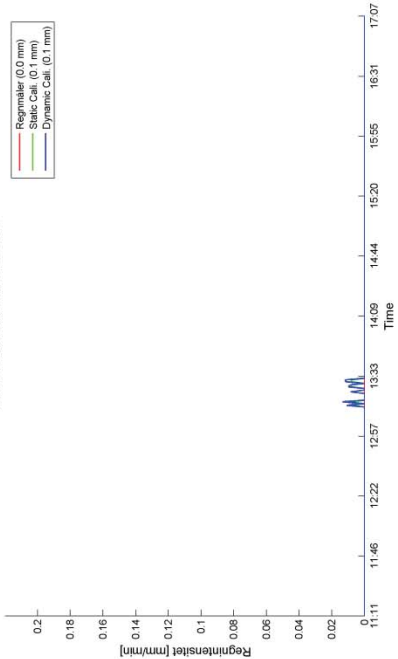
Kalibreringsregnmåler: 23252



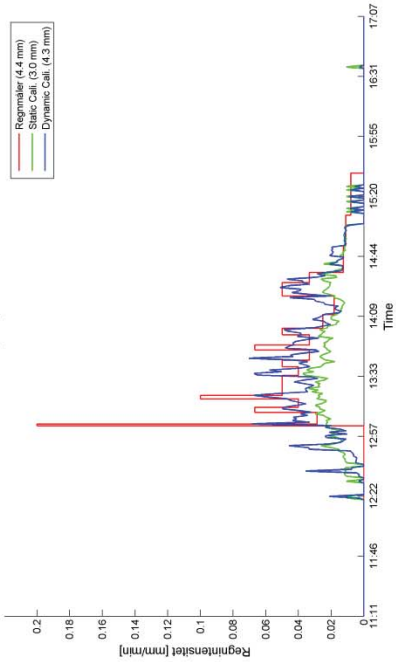
Valideringsregnmåler: 23261



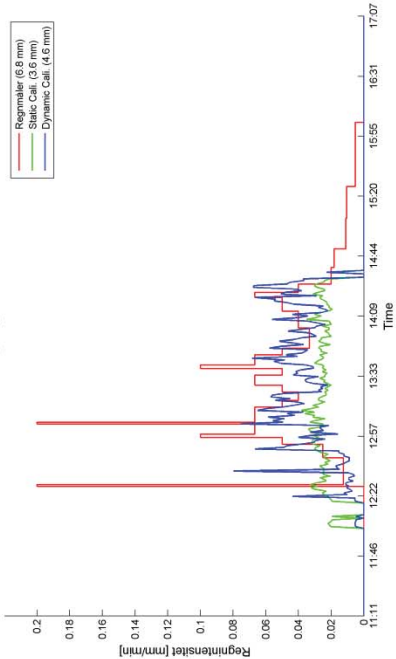
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268

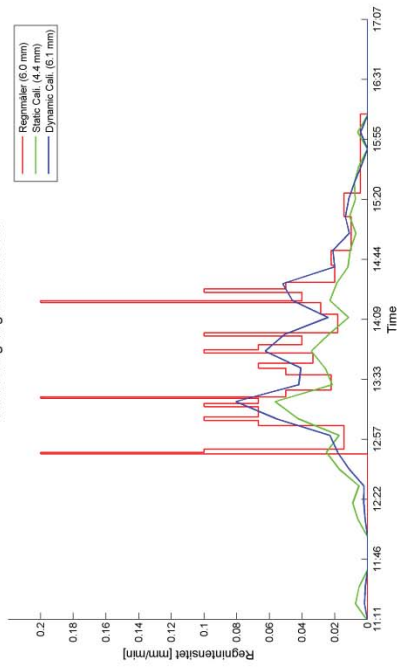


Valideringsregnmåler: 23307

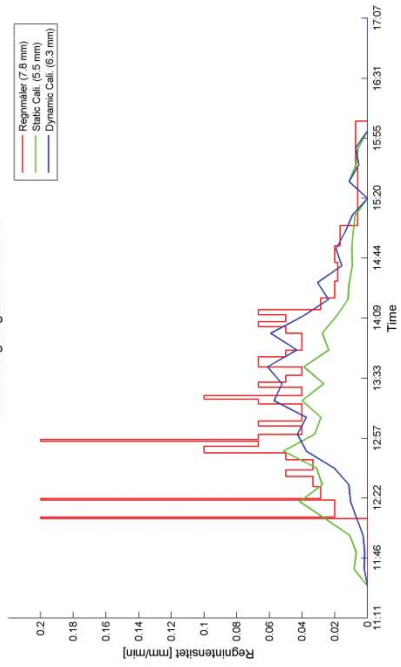


C-bånd: (MPfit) - 05-Apr-2011 11:11:00 til 05-Apr-2011 17:07:00

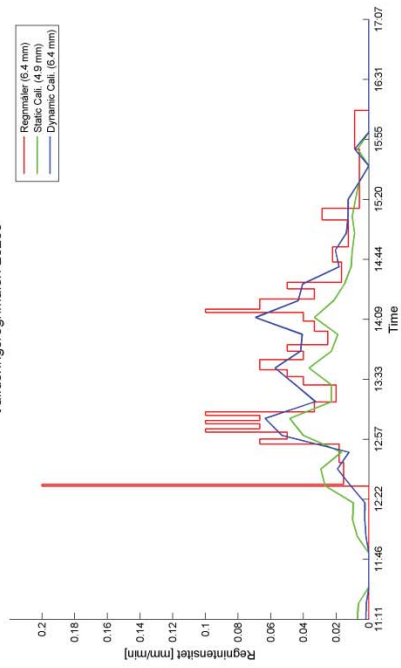
Kalibreringsregnmåler: 23157



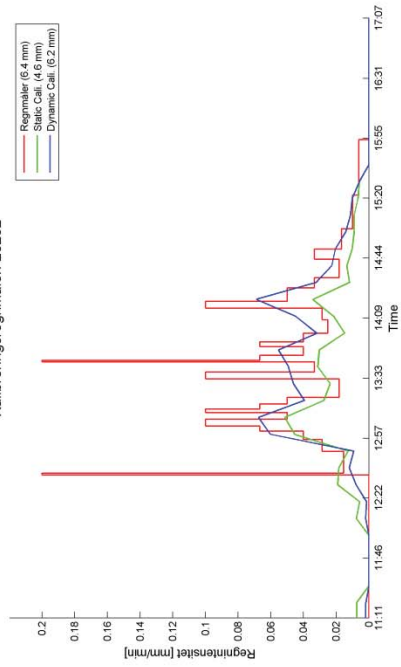
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

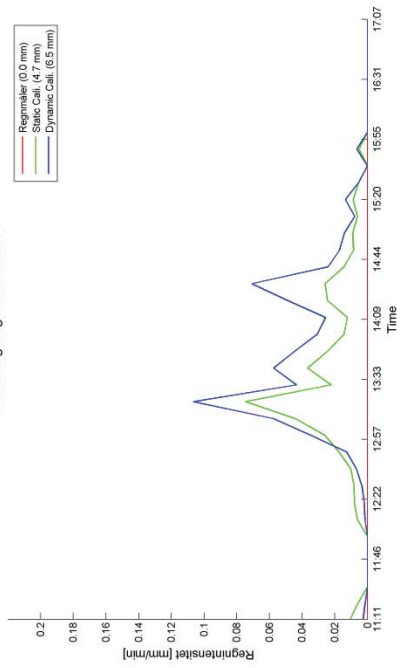


Kalibreringsregnmåler: 23252

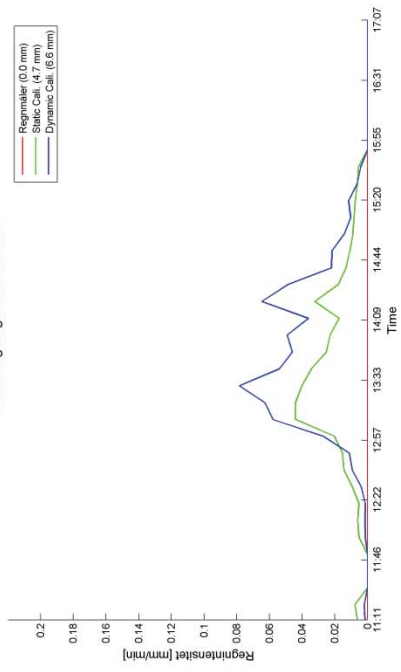


C-bånd: (MPfit) - 05-Apr-2011 11:11:00 til 05-Apr-2011 17:07:00

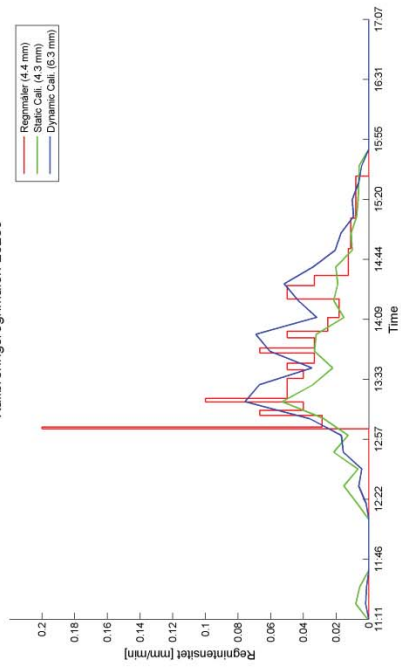
Valideringsregnmåler: 23261



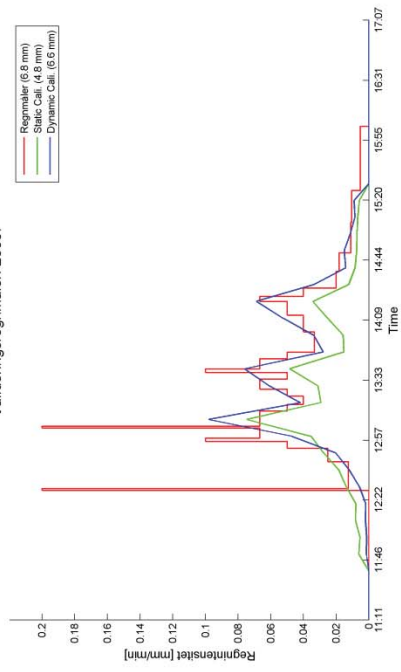
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268

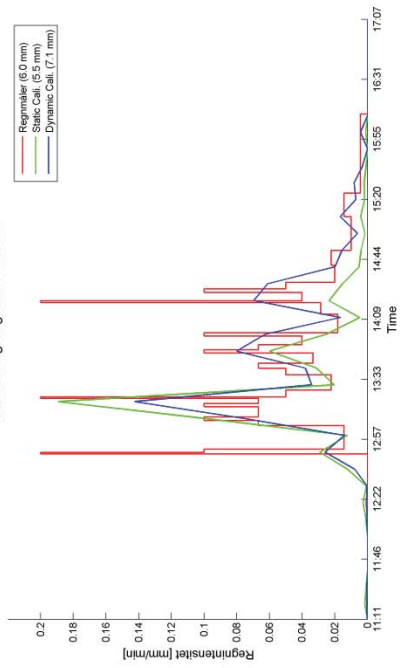


Valideringsregnmåler: 23307

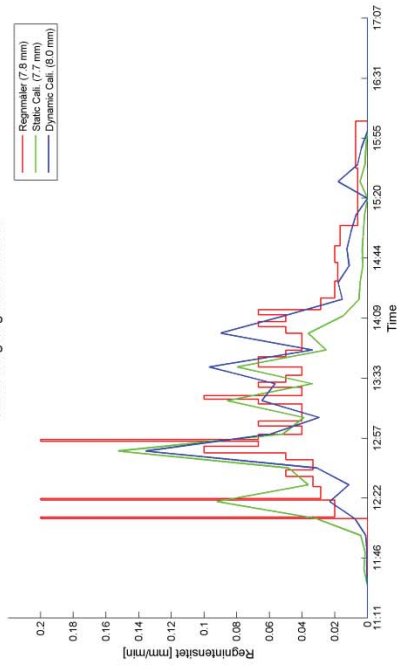


C-bånd: (BIASfit) - 05-Apr-2011 11:11:00 til 05-Apr-2011 17:07:00

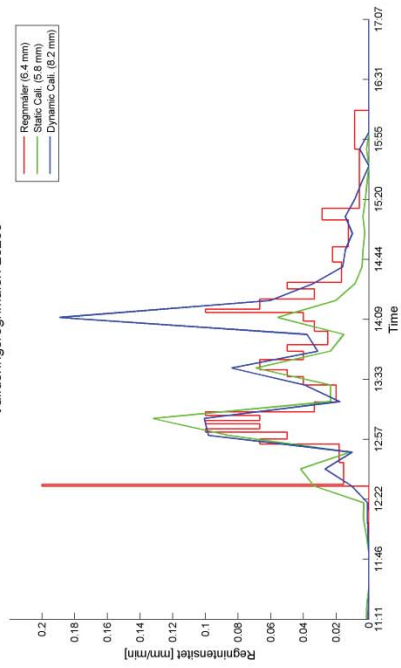
Kalibreringsregnmåler: 23157



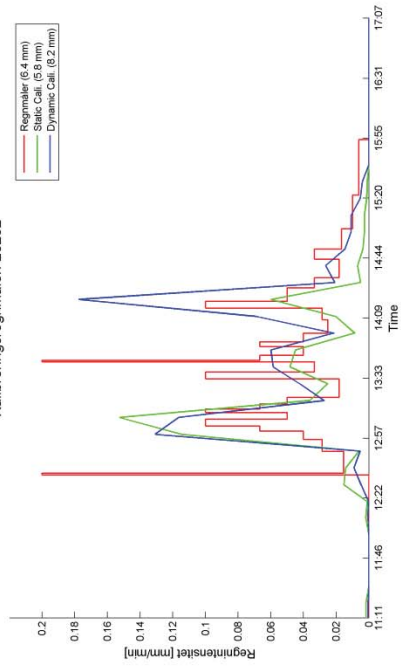
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

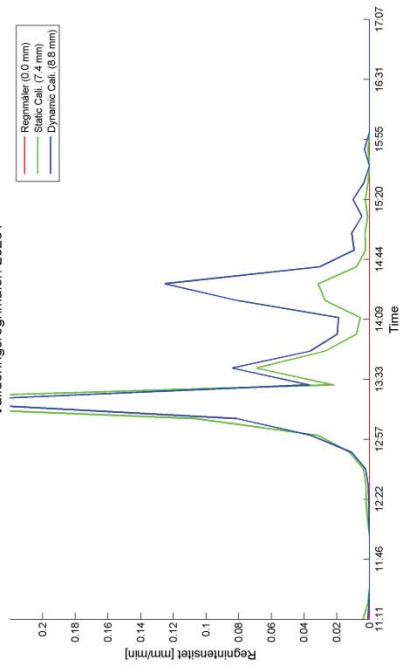


Kalibreringsregnmåler: 23252

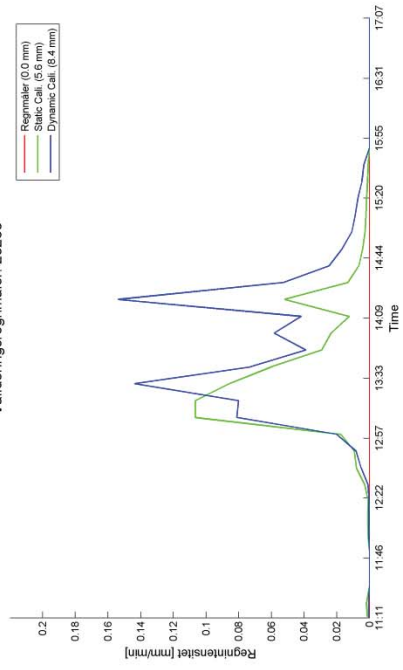


C-bånd: (BIASfit) - 05-Apr-2011 11:11:00 til 05-Apr-2011 17:07:00

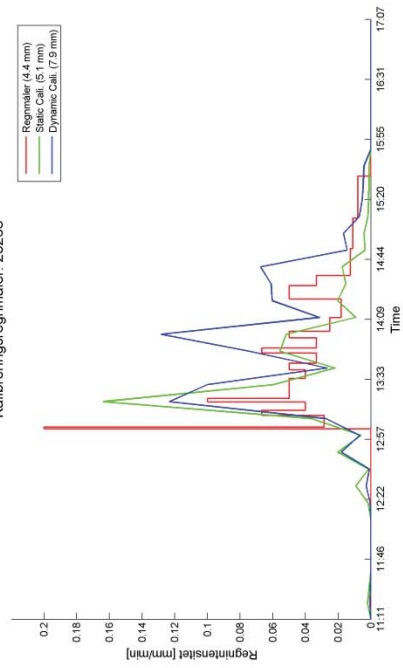
Valideringsregnmåler: 23261



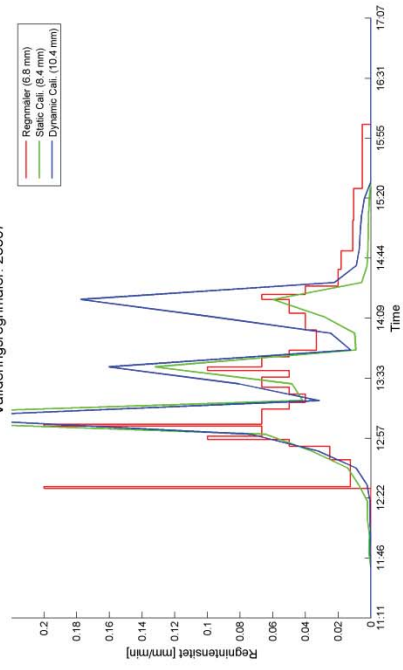
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268



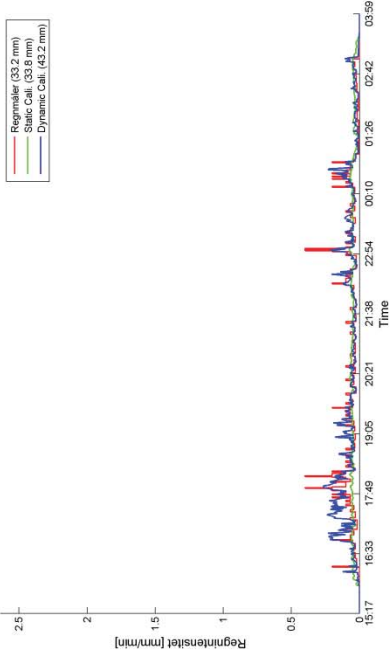
Valideringsregnmåler: 23307



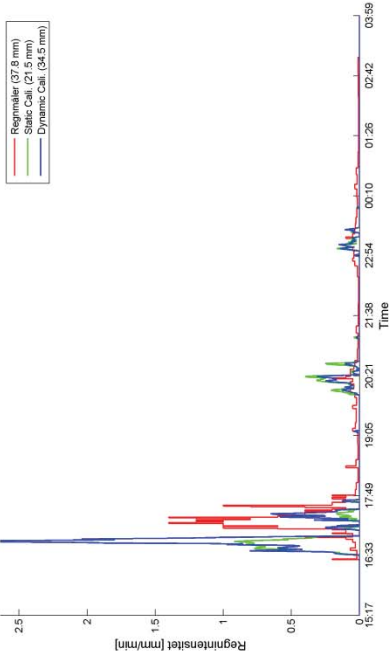
Periode 2 - Hændelse 1

LAWR: (LinReg) - 08-Jun-2011 15:17:00 til 09-Jun-2011 03:59:00

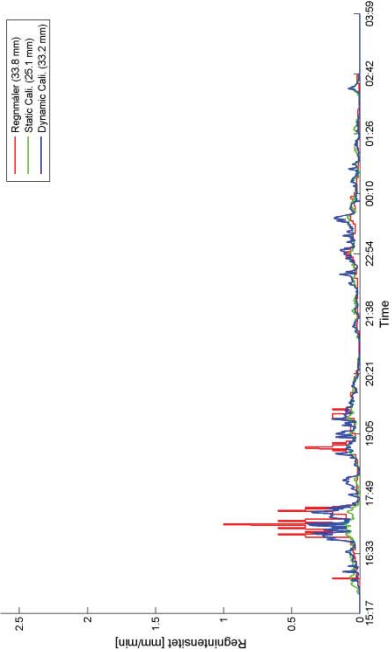
Kalibreringsregnmåler: 23157



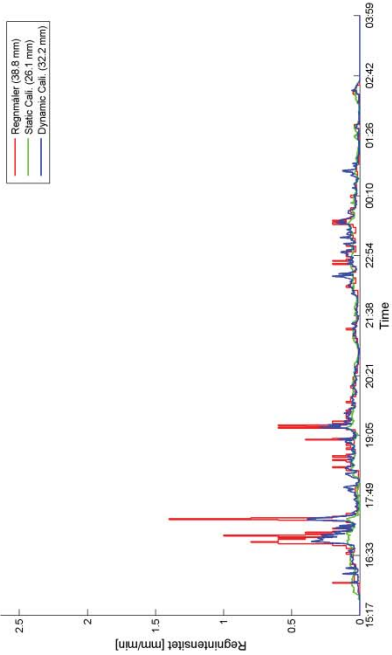
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

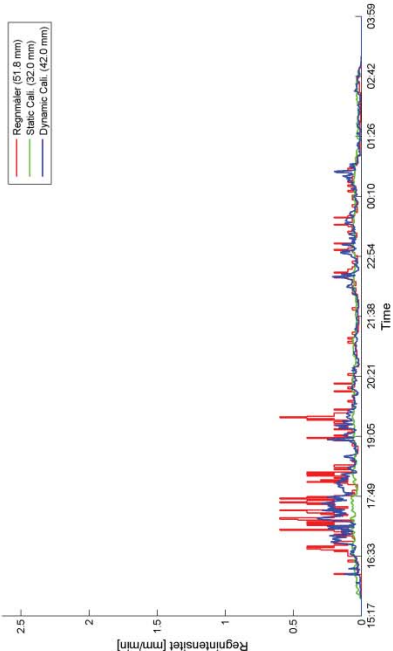


Kalibreringsregnmåler: 23252

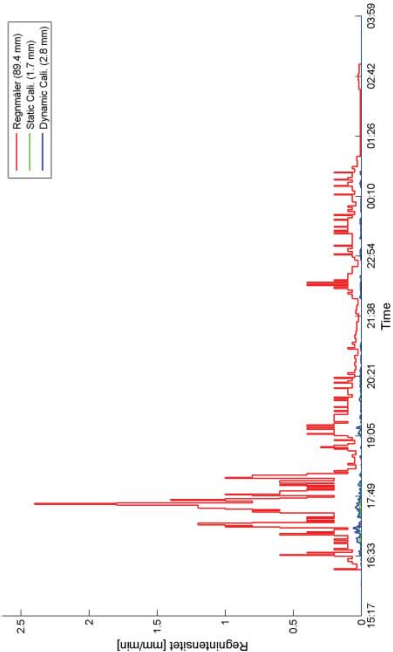


LAWR (LinReg) - 08-Jun-2011 15:17:00 til 09-Jun-2011 03:59:00

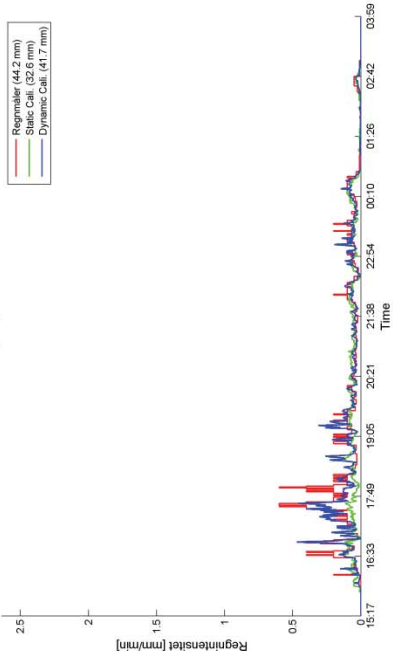
Valideringsregnmåler: 23261



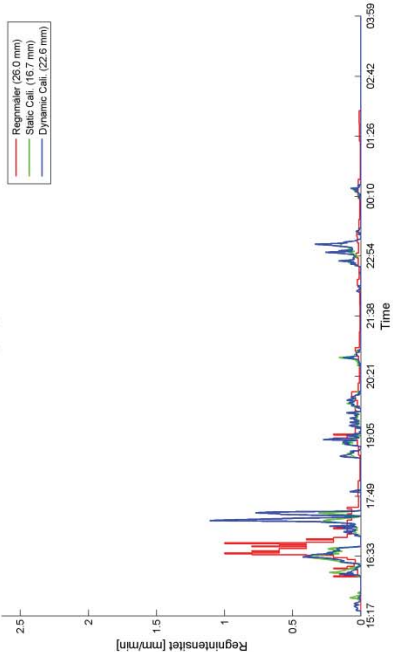
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268

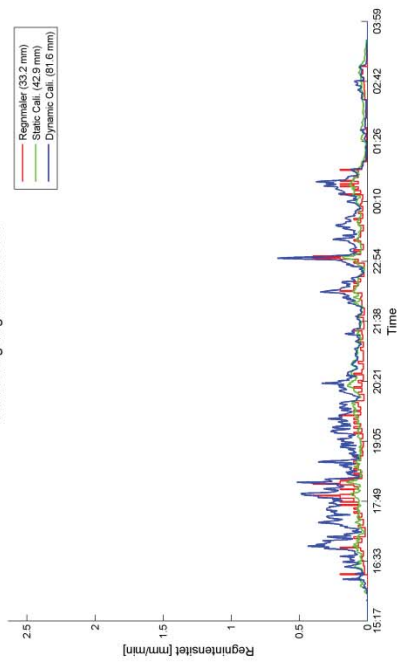


Valideringsregnmåler: 23307

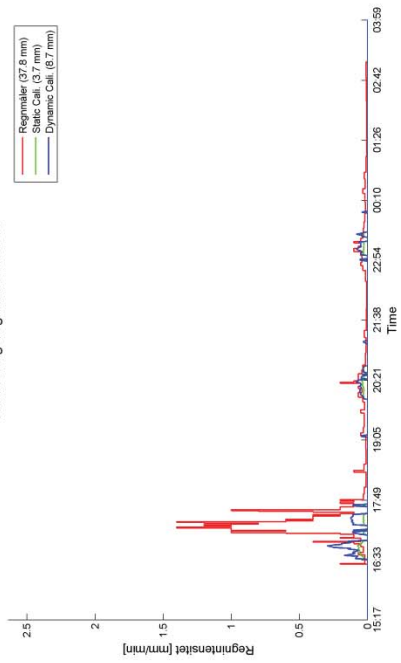


LAWR (2exp) - 08-Jun-2011 15:17:00 til 09-Jun-2011 03:59:00

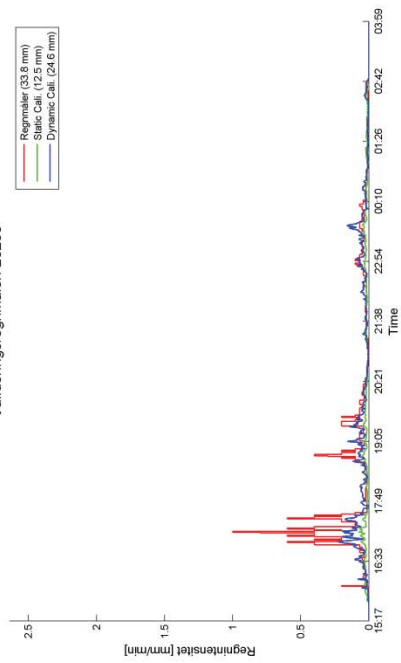
Kalibreringsregnmåler: 23157



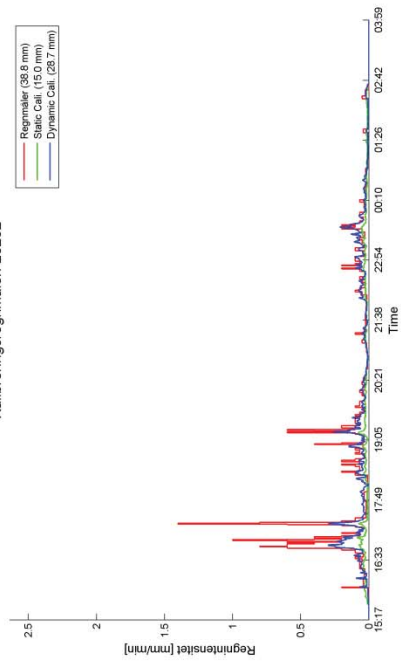
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

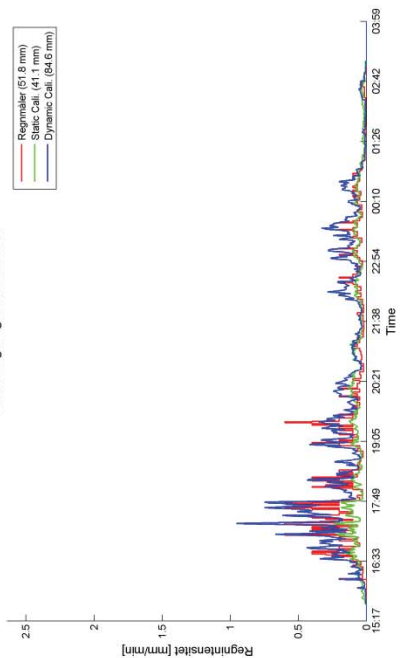


Kalibreringsregnmåler: 23252

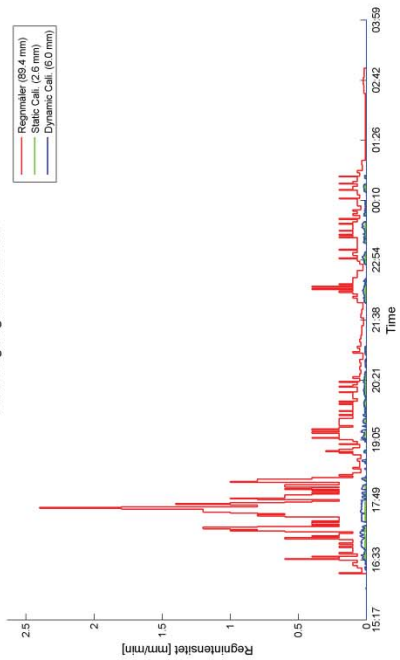


LAWR (2exp) - 08-Jun-2011 15:17:00 til 09-Jun-2011 03:59:00

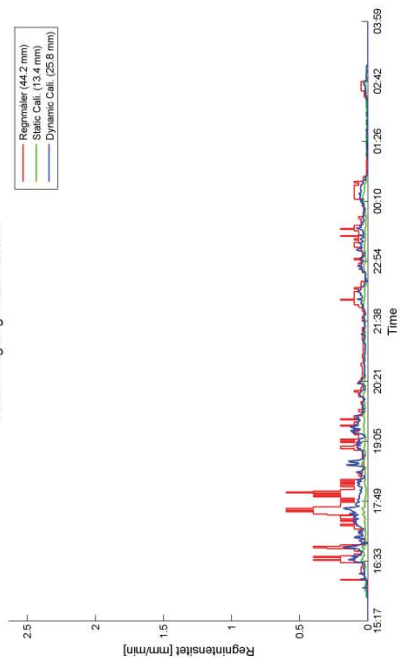
Valideringsregnmåler: 23261



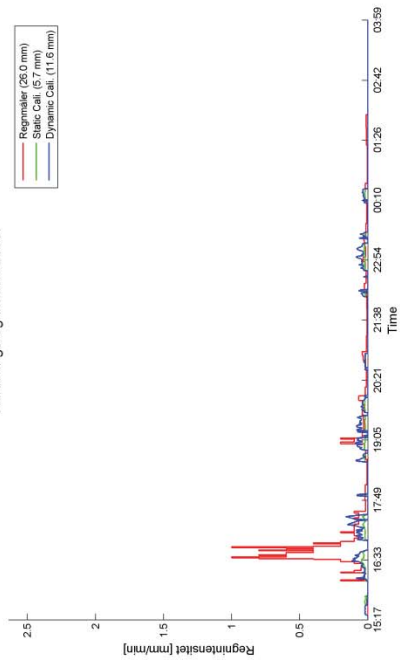
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268

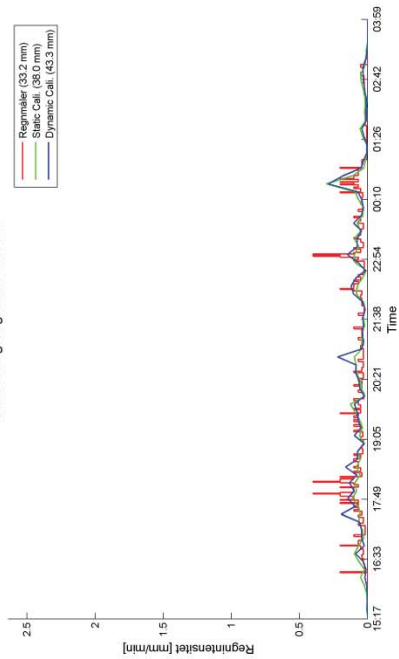


Valideringsregnmåler: 23307

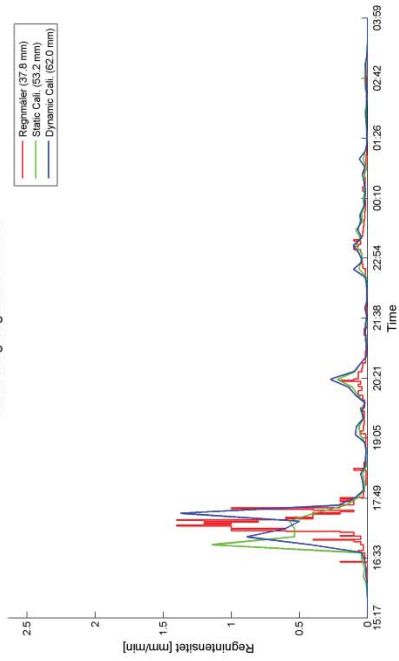


C-bånd: (MPfit) - 08-Jun-2011 15:17:00 til 09-Jun-2011 03:59:00

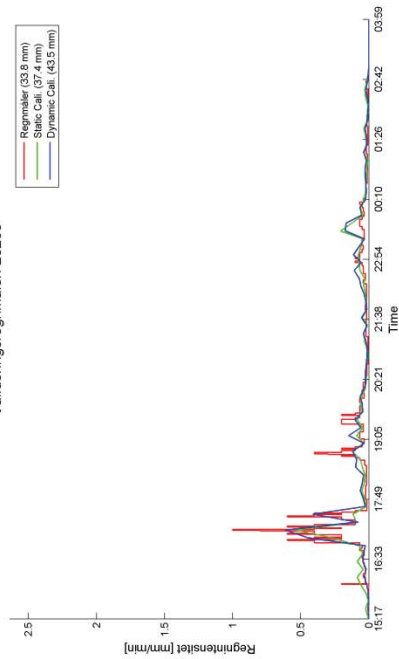
Kalibreringsregnmåler: 23157



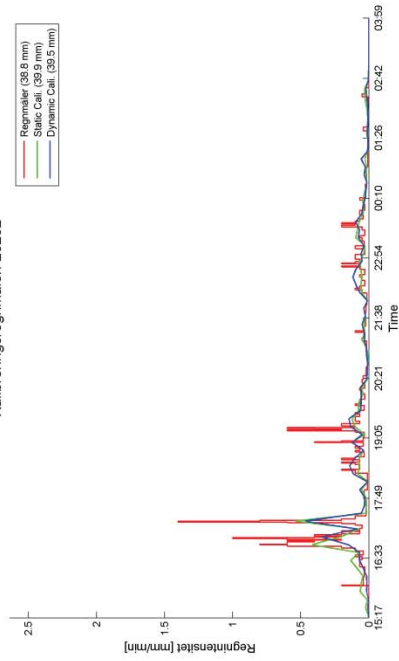
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

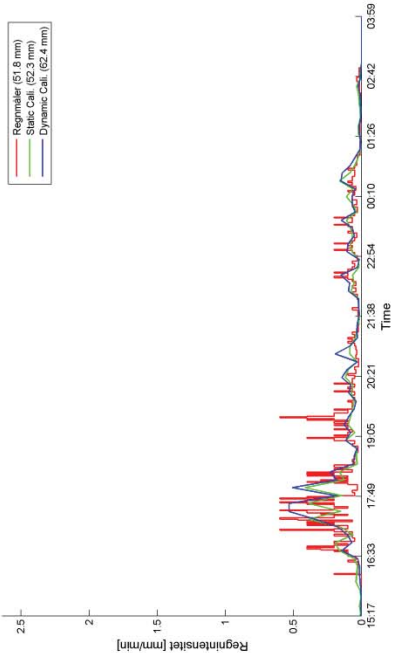


Kalibreringsregnmåler: 23252

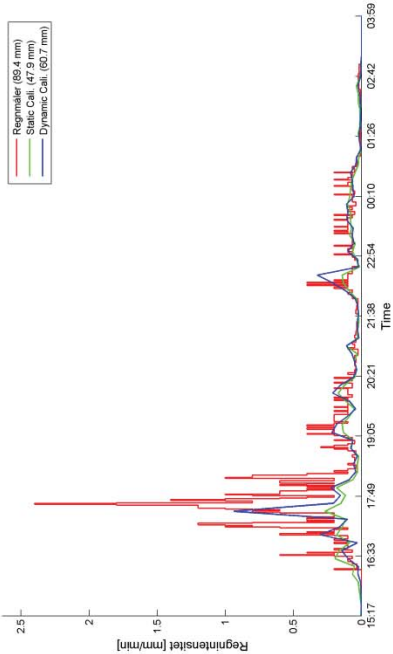


C-bånd: (MPfit) - 08-Jun-2011 15:17:00 til 09-Jun-2011 03:59:00

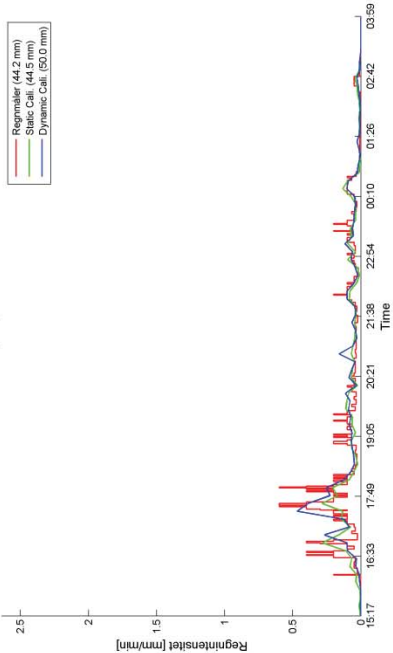
Valideringsregnmåler: 23261



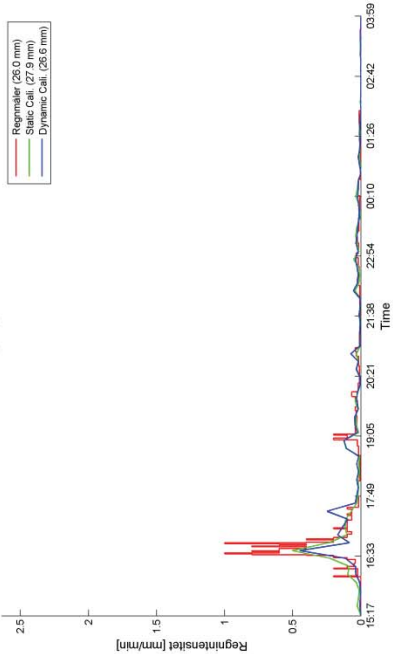
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268

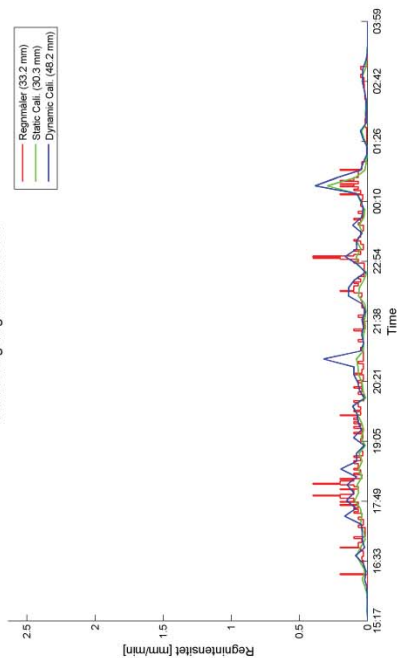


Valideringsregnmåler: 23307

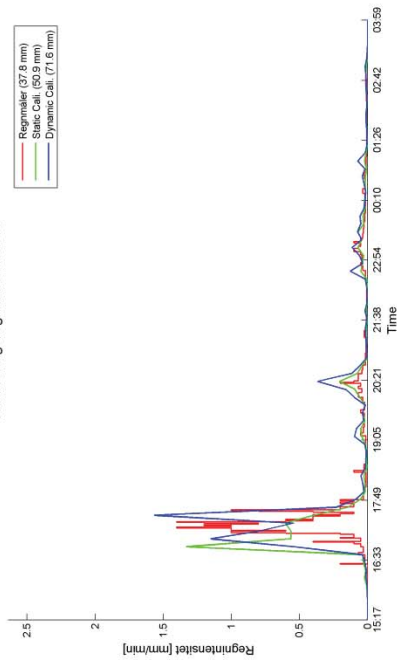


C-bånd: (BIASfit) - 08-Jun-2011 15:17:00 til 09-Jun-2011 03:59:00

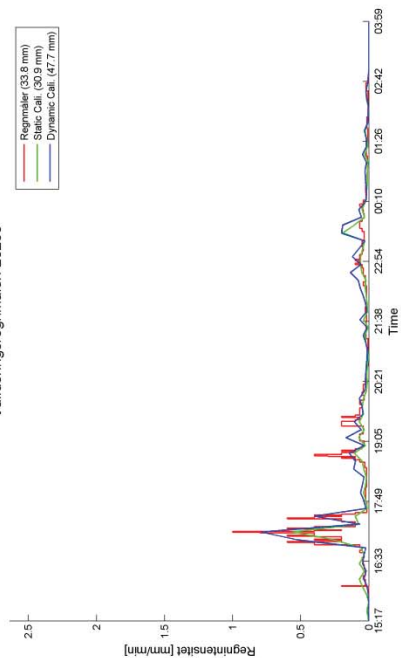
Kalibreringsregnmåler: 23157



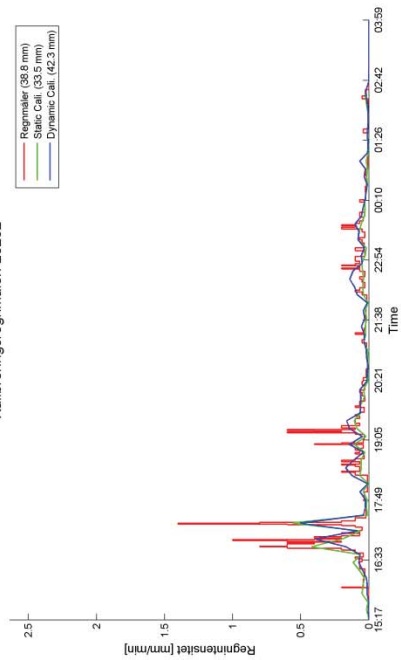
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

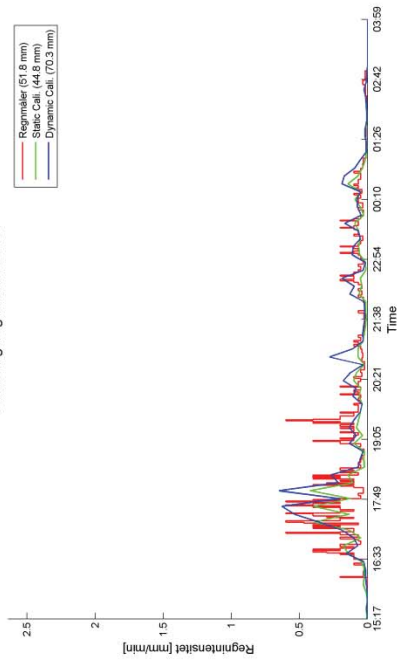


Kalibreringsregnmåler: 23252

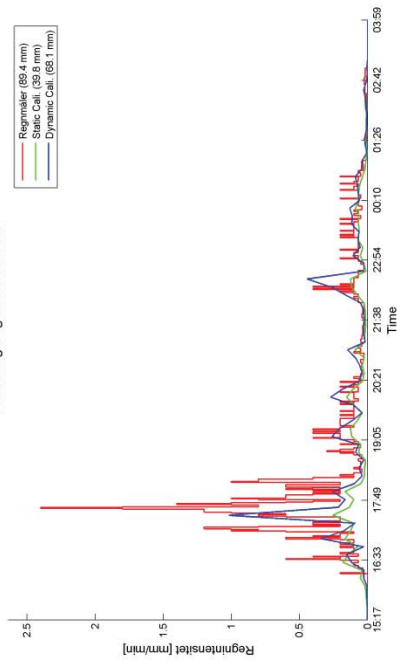


C-bånd: (BIASfit) - 08-Jun-2011 15:17:00 til 09-Jun-2011 03:59:00

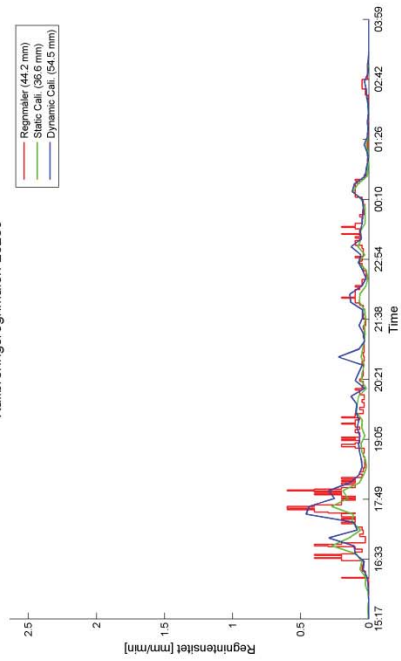
Valideringsregnmåler: 23261



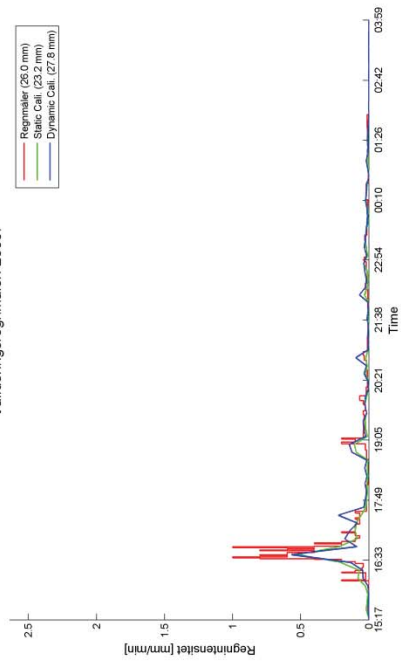
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268



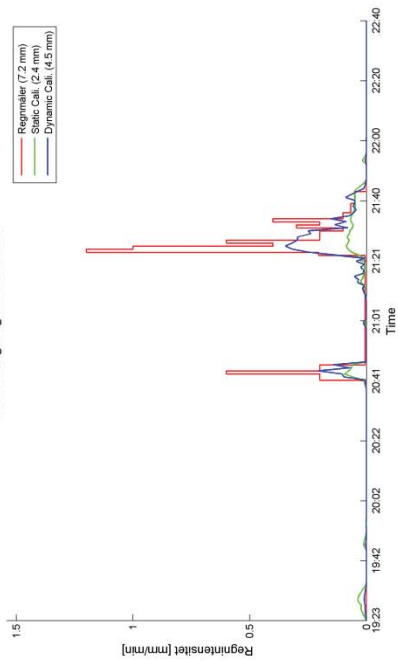
Valideringsregnmåler: 23307



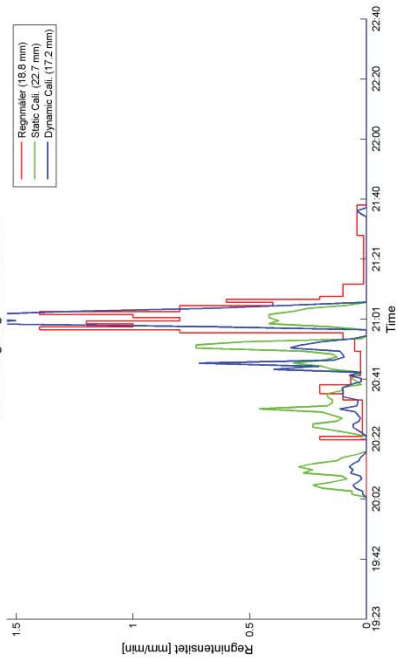
Periode 2- hændelse 2

LAWR (LinReg) - 16-Jun-2011 19:23:00 til 16-Jun-2011 22:40:00

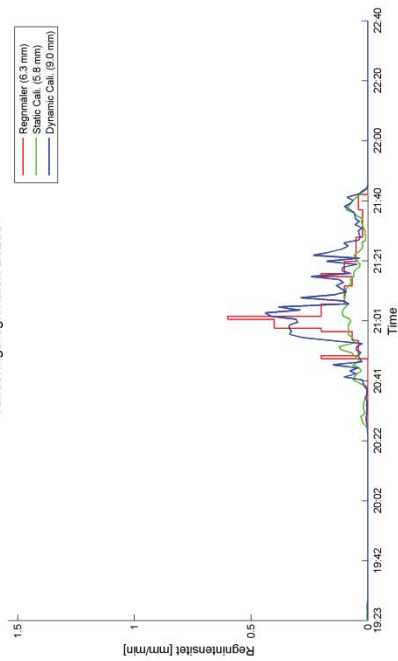
Kalibreringsregnmåler: 23157



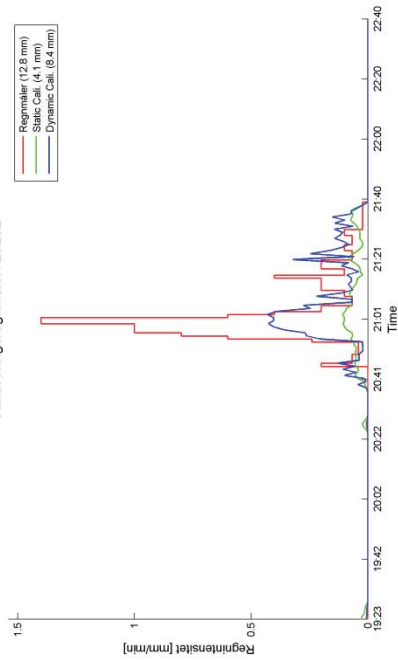
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

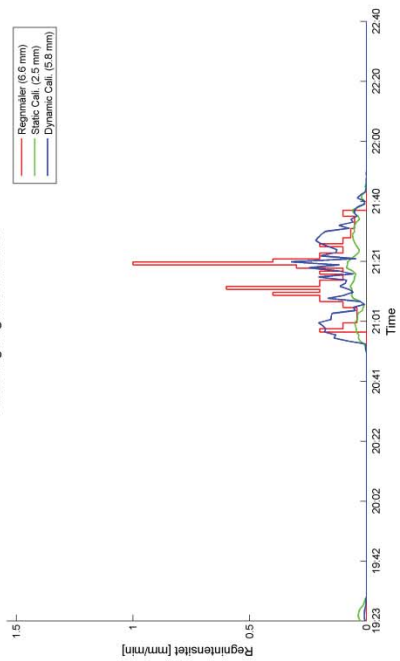


Kalibreringsregnmåler: 23252

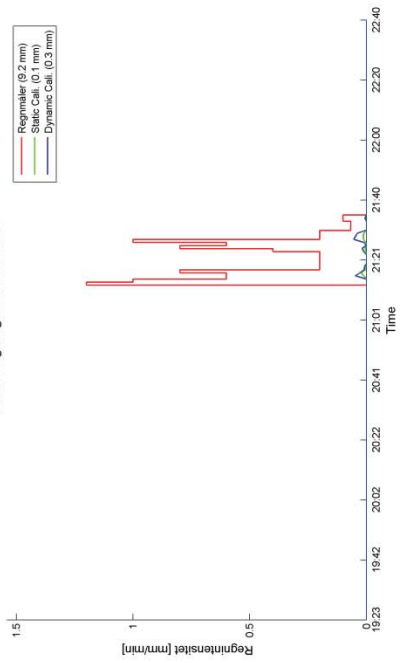


LAWR (LinReg) - 16-Jun-2011 19:23:00 til 16-Jun-2011 22:40:00

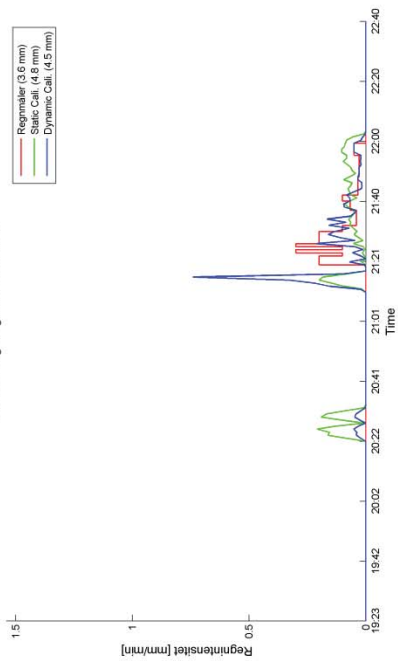
Valideringsregnmåler: 23261



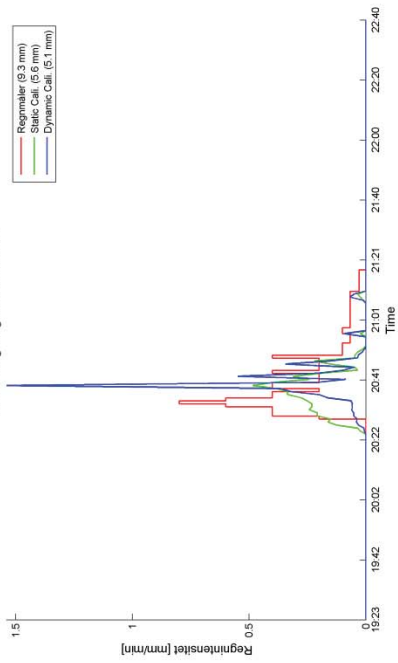
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268

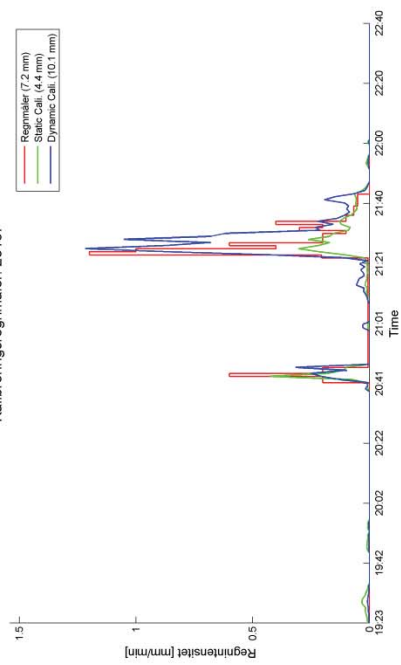


Valideringsregnmåler: 23307

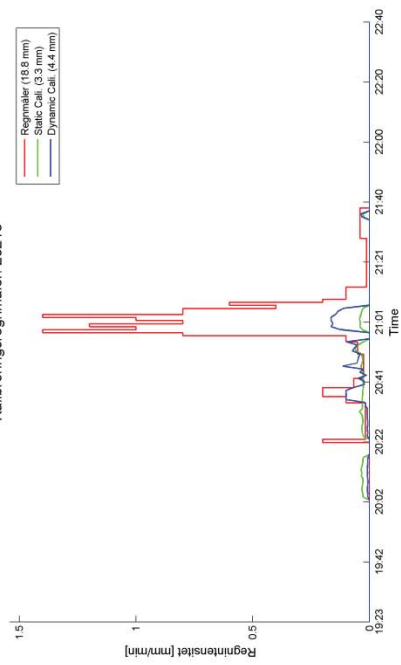


LAWR (2exp) - 16-Jun-2011 19:23:00 til 16-Jun-2011 22:40:00

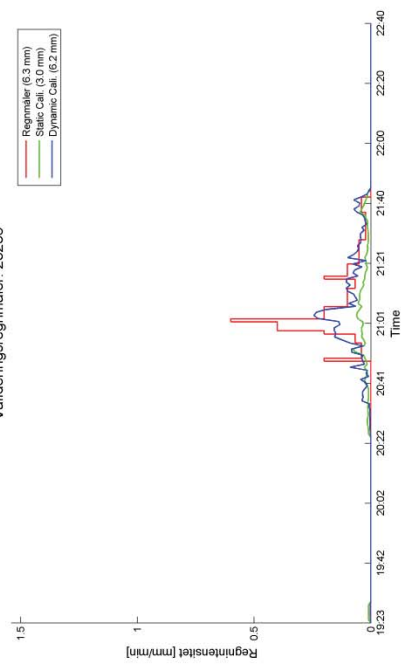
Kalibreringsregnmåler: 23157



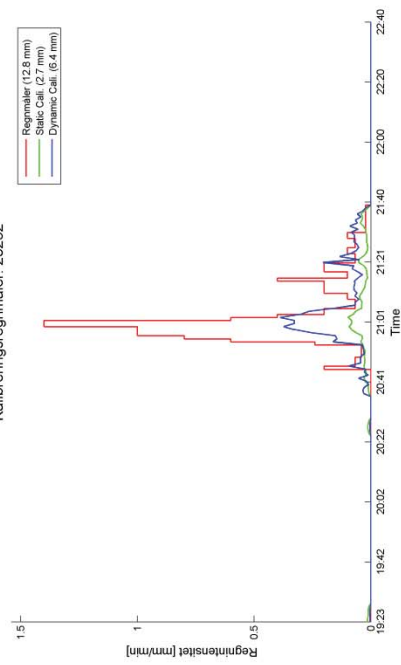
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

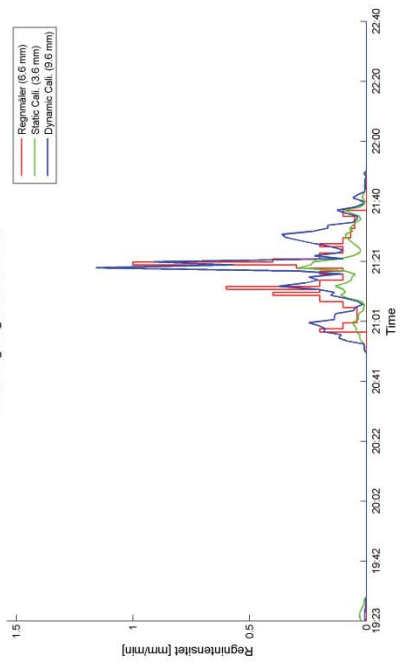


Kalibreringsregnmåler: 23252

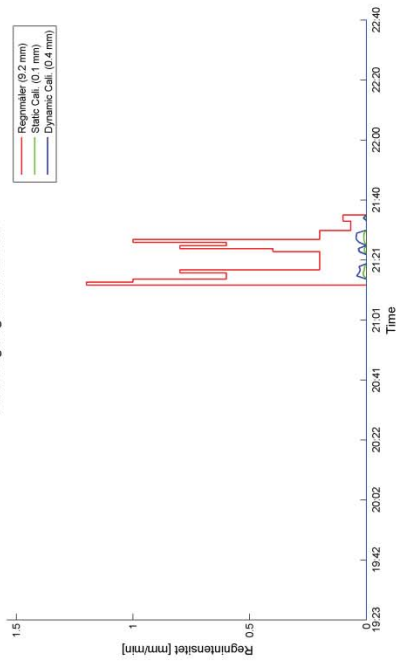


LAWR (2exp) - 16-Jun-2011 19:23:00 til 16-Jun-2011 22:40:00

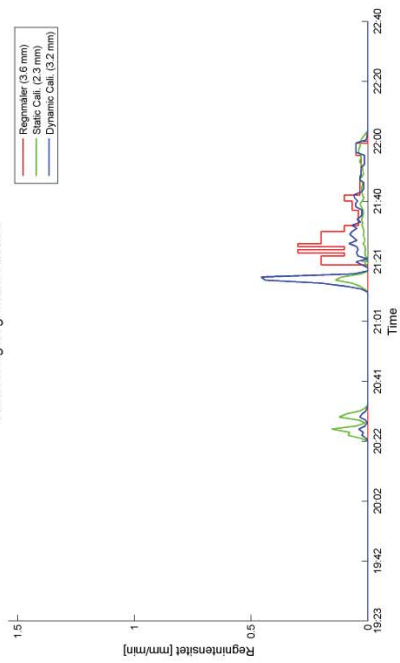
Valideringsregnmåler: 23261



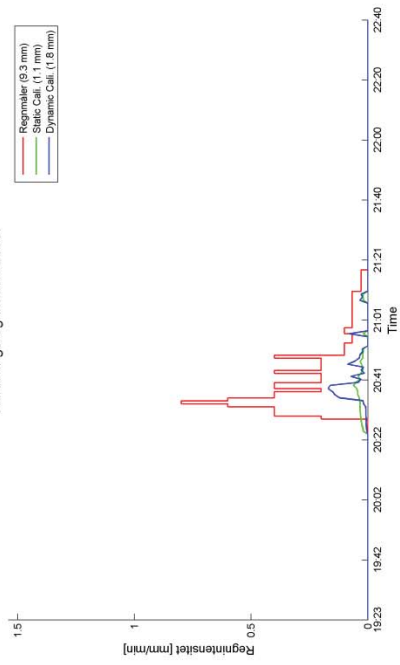
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268

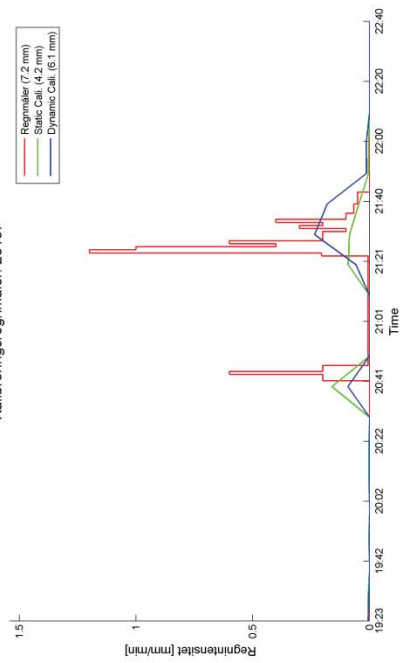


Valideringsregnmåler: 23307

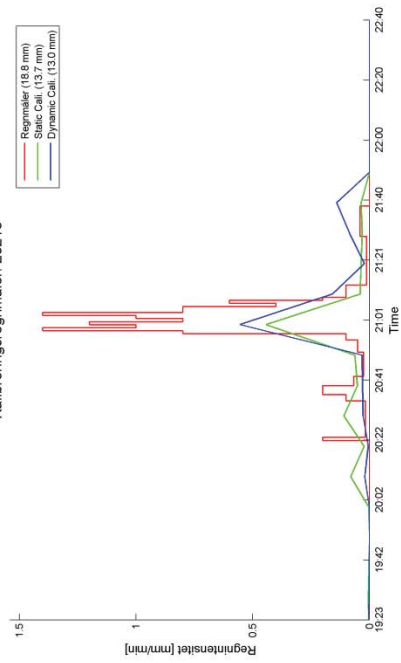


C-bånd: (MPfit) - 16-Jun-2011 19:23:00 til 16-Jun-2011 22:40:00

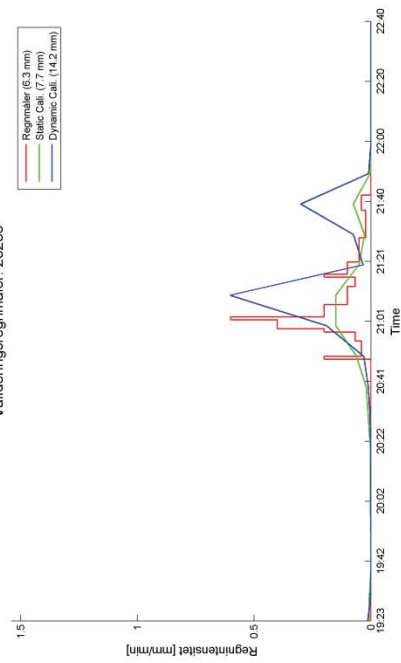
Kalibreringsregnmåler: 23157



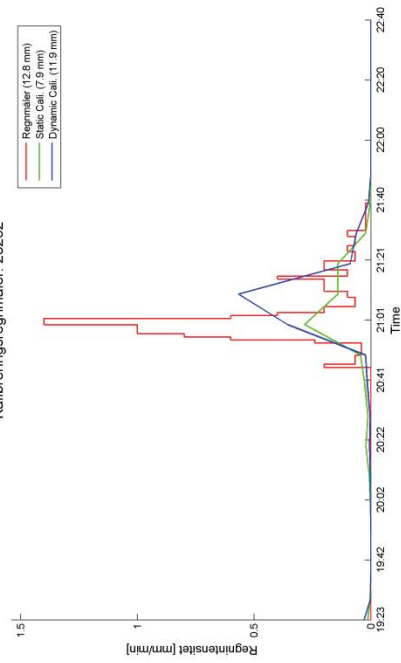
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

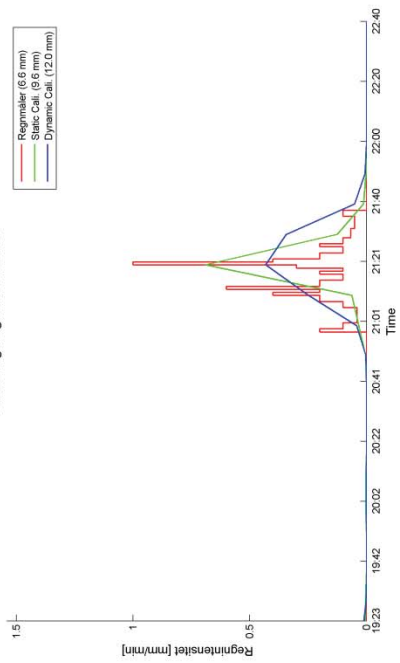


Kalibreringsregnmåler: 23252

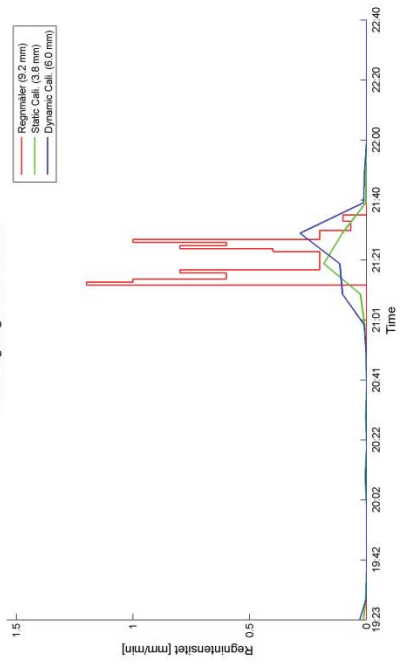


C-bånd: (MPfit) - 16-Jun-2011 19:23:00 til 16-Jun-2011 22:40:00

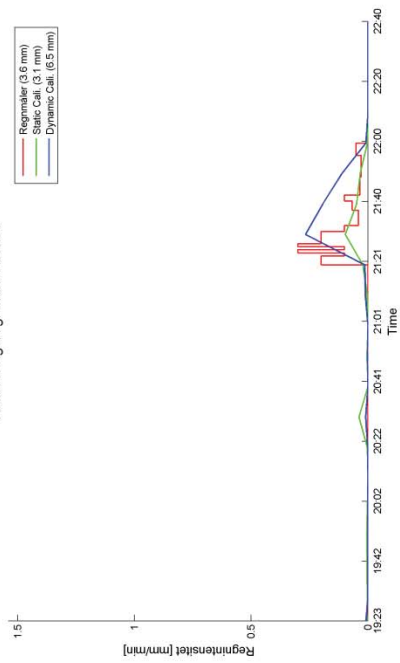
Valideringsregnmåler: 23261



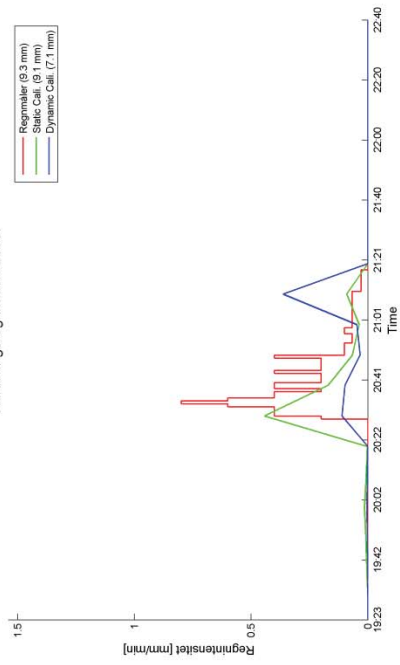
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268

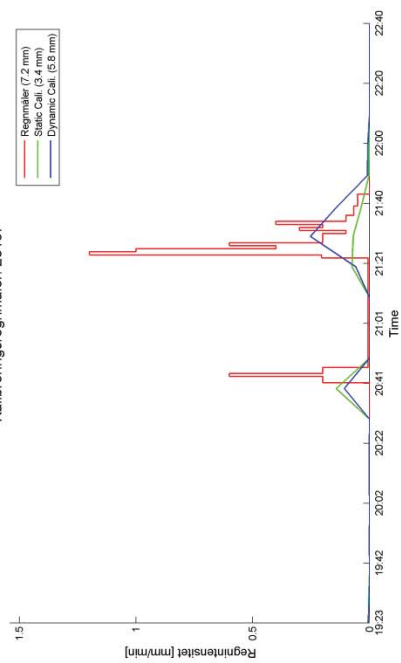


Valideringsregnmåler: 23307

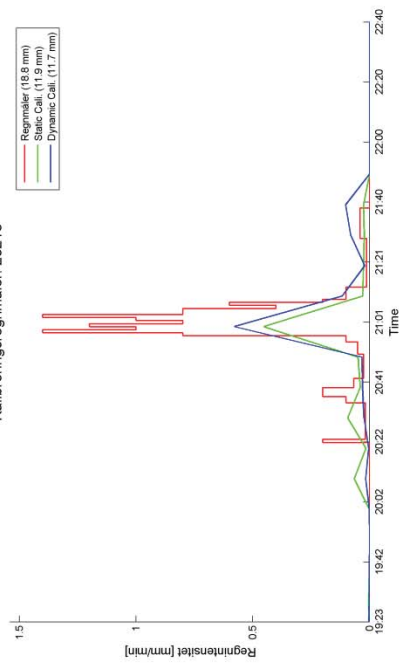


C-bånd: (BIASfit) - 16-Jun-2011 19:23:00 til 16-Jun-2011 22:40:00

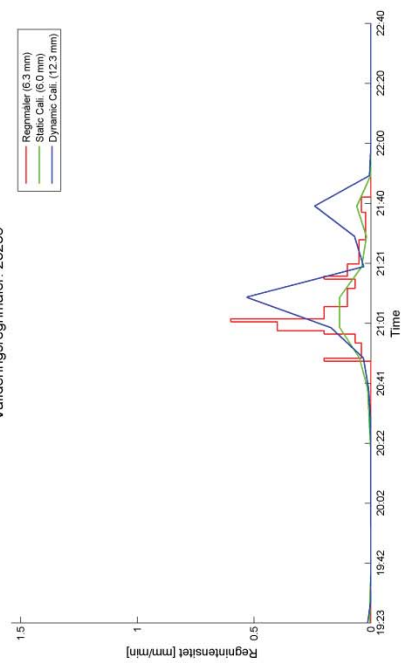
Kalibreringsregnmåler: 23157



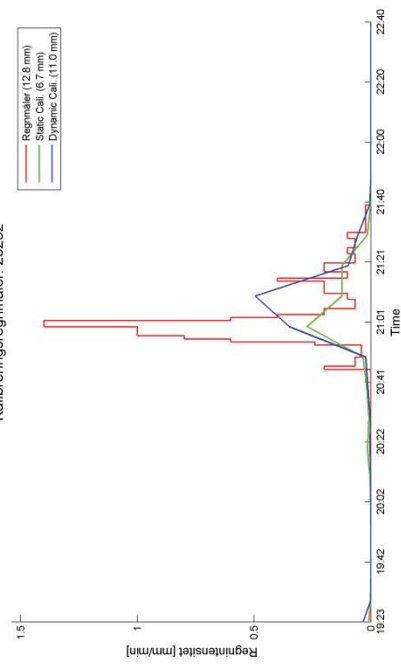
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

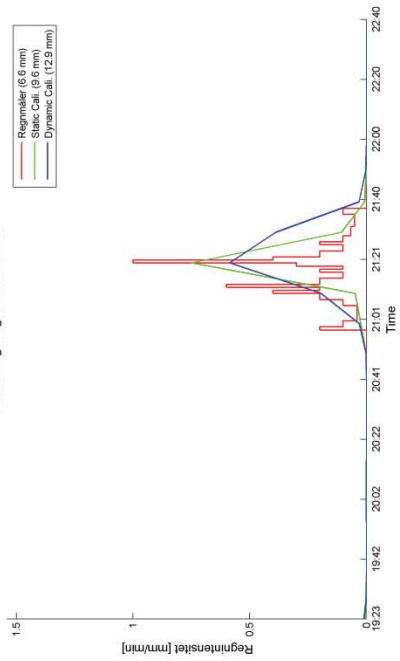


Kalibreringsregnmåler: 23252

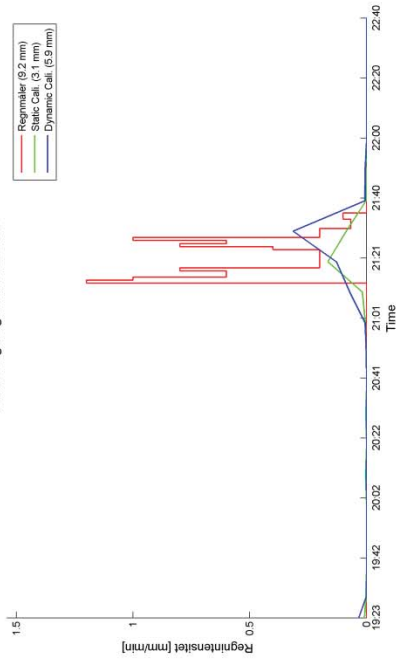


C-bånd: (BIASfit) - 16-Jun-2011 19:23:00 til 16-Jun-2011 22:40:00

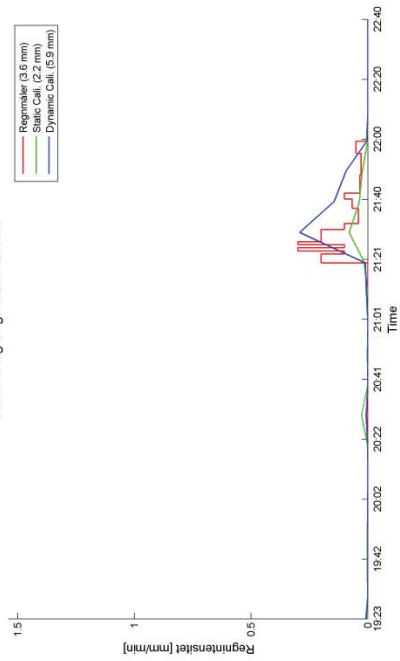
Valideringsregnmåler: 23261



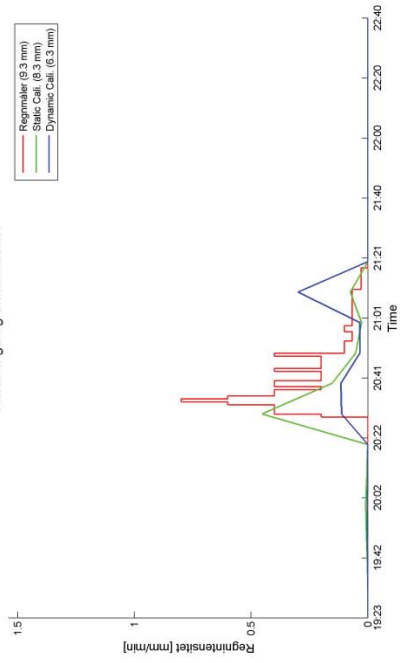
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268



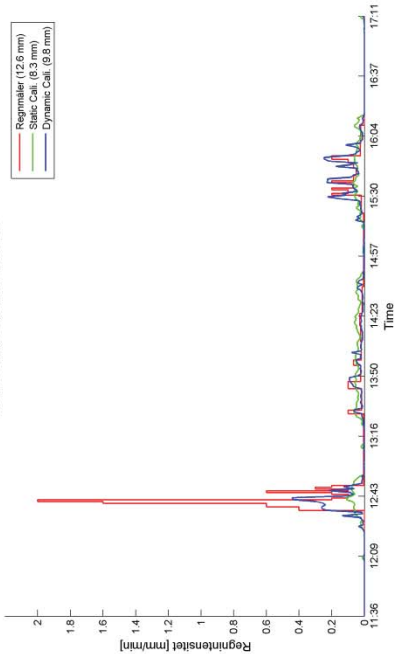
Valideringsregnmåler: 23307



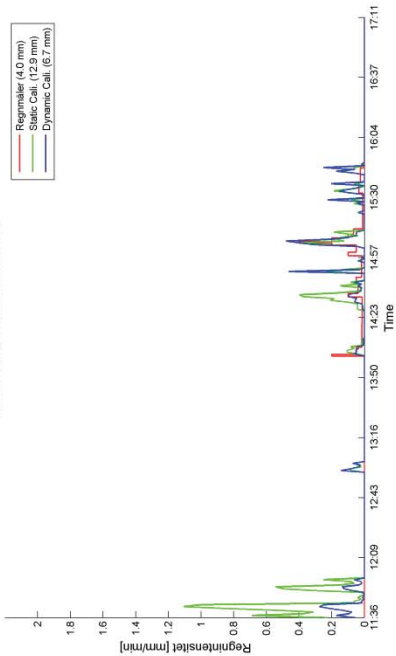
Periode 2 - Hændelse 3

LAWR: (LinReg) - 22-May-2011 11:36:00 til 22-May-2011 17:11:00

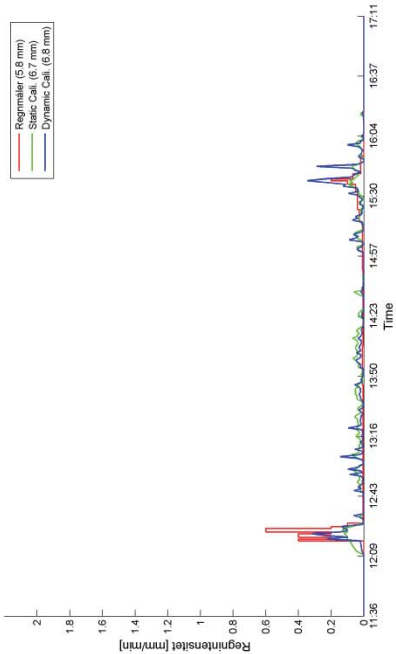
Kalibreringsregnmåler: 23157



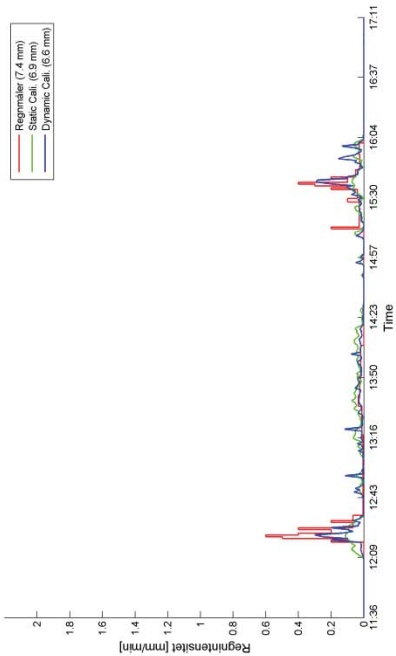
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

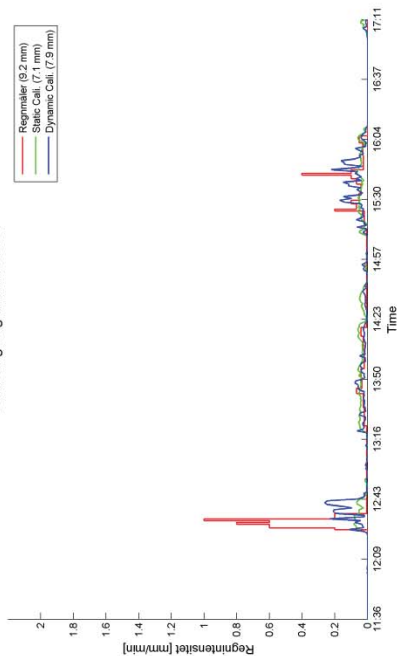


Kalibreringsregnmåler: 23252

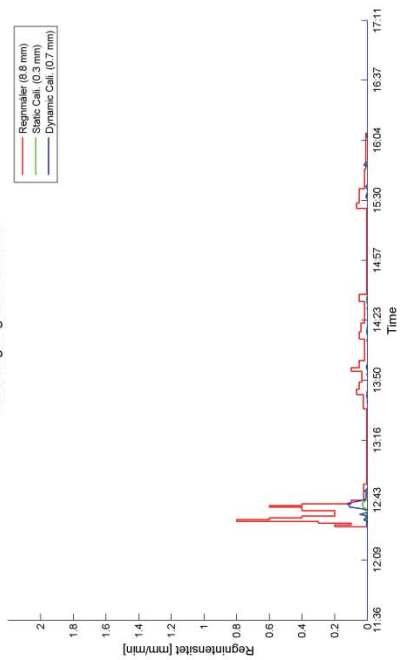


LAWR (LinReg) - 22-May-2011 11:36:00 til 22-May-2011 17:11:00

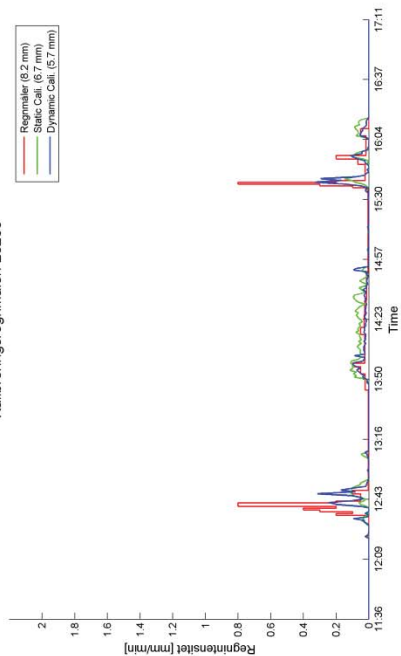
Valideringsregnmåler: 23261



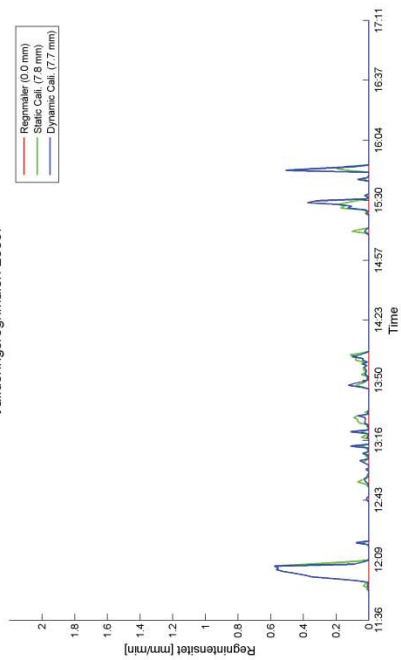
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268

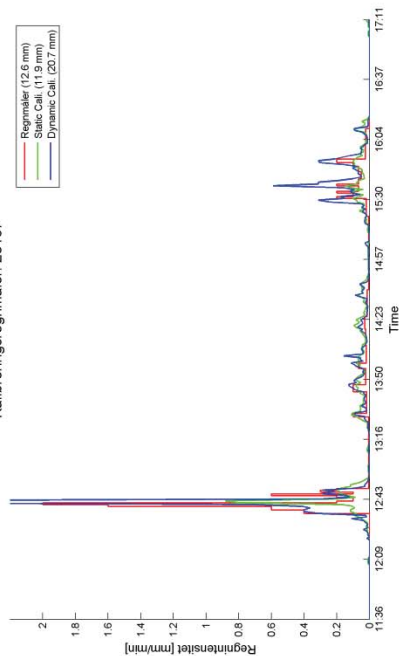


Valideringsregnmåler: 23307

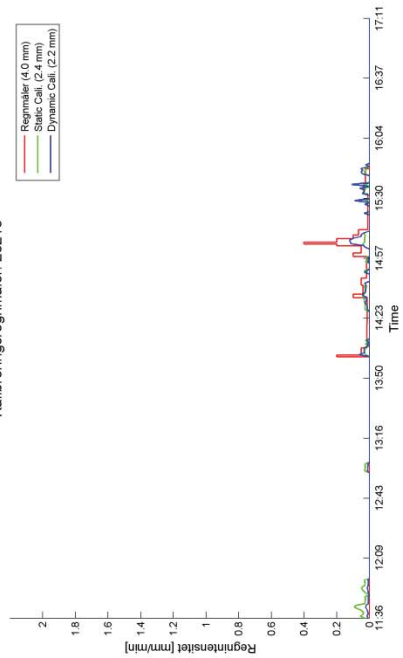


LAWR (2exp) - 22-May-2011 11:36:00 til 22-May-2011 17:11:00

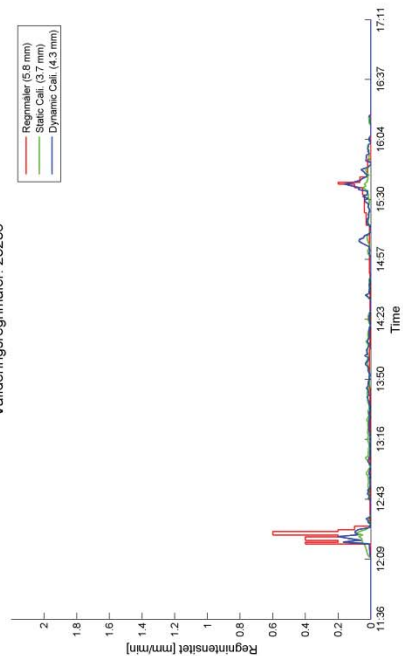
Kalibreringsregnmåler: 23157



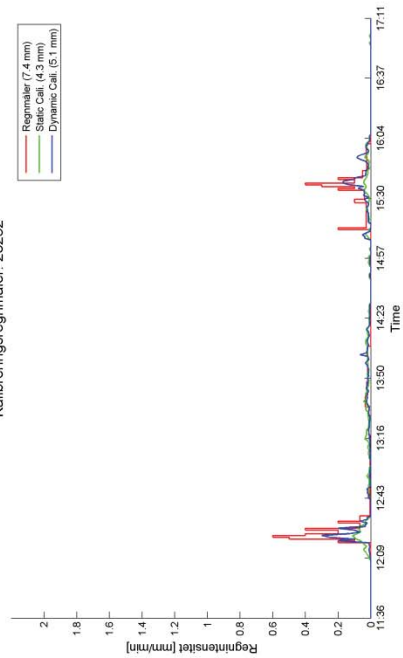
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

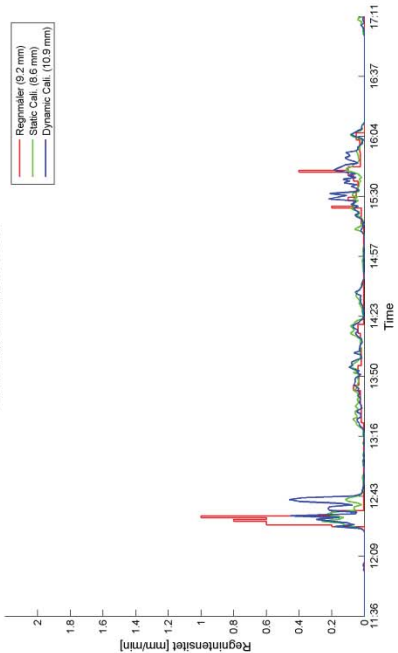


Kalibreringsregnmåler: 23252

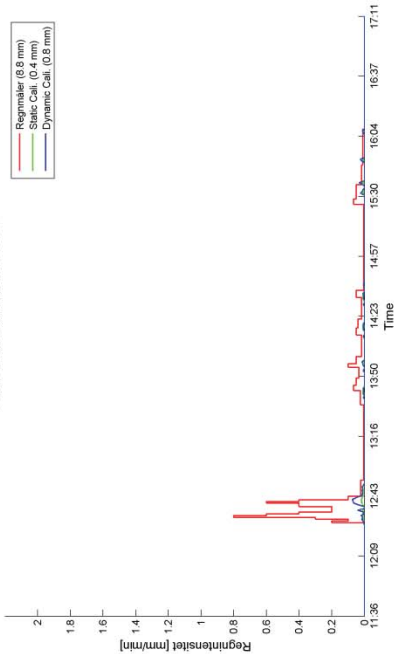


LAWR (2exp) - 22-May-2011 11:36:00 til 22-May-2011 17:11:00

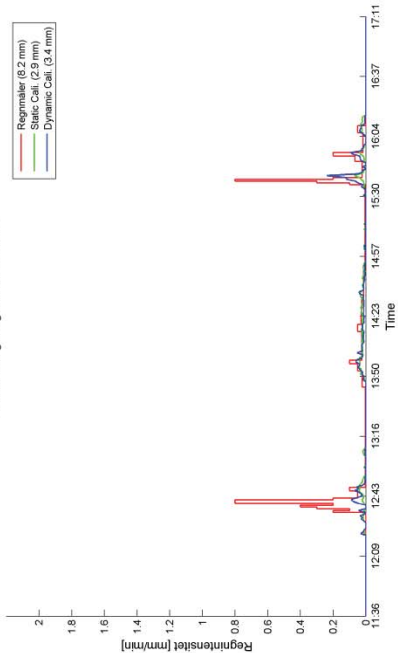
Valideringsregnmåler: 23261



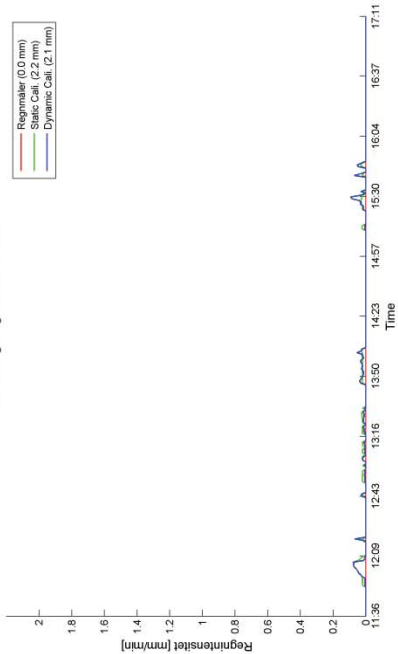
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268

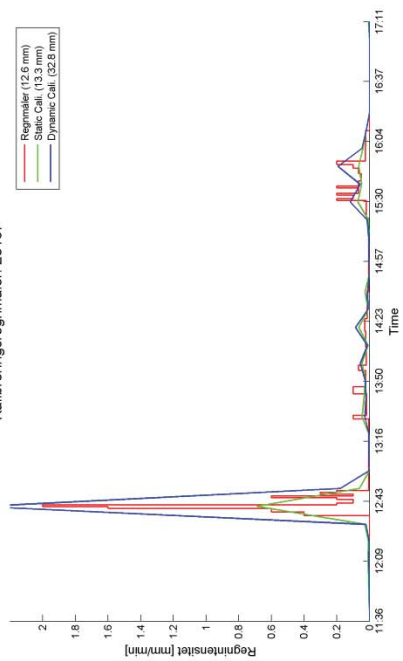


Valideringsregnmåler: 23307

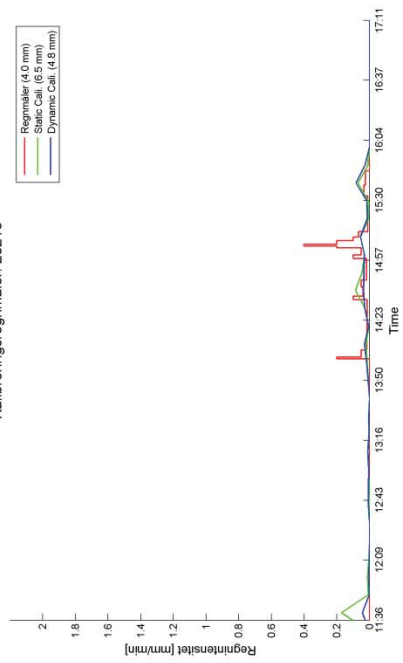


C-bånd: (MPfit) - 22-May-2011 11:36:00 til 22-May-2011 17:11:00

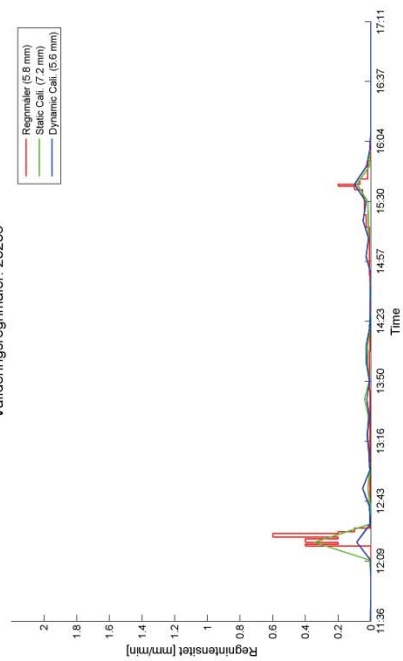
Kalibreringsregnmåler: 23157



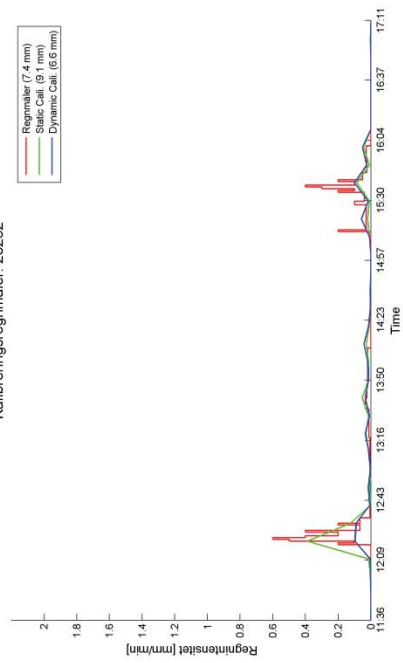
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

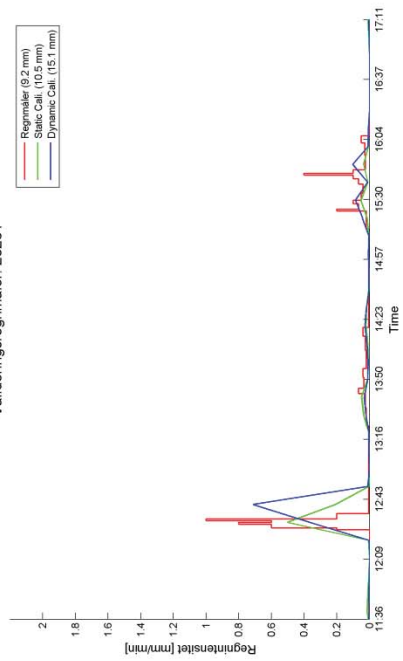


Kalibreringsregnmåler: 23252

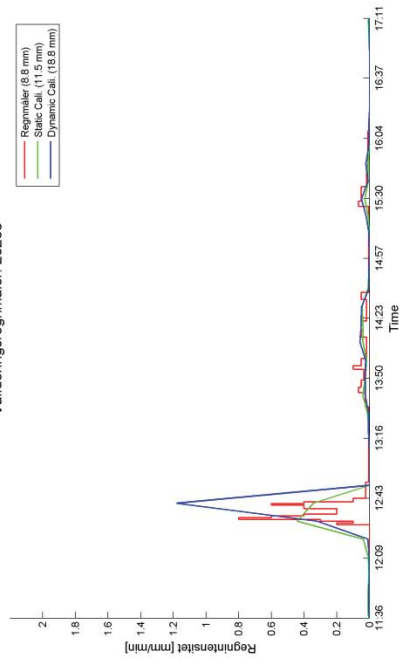


C-bånd: (MPfit) - 22-May-2011 11:36:00 til 22-May-2011 17:11:00

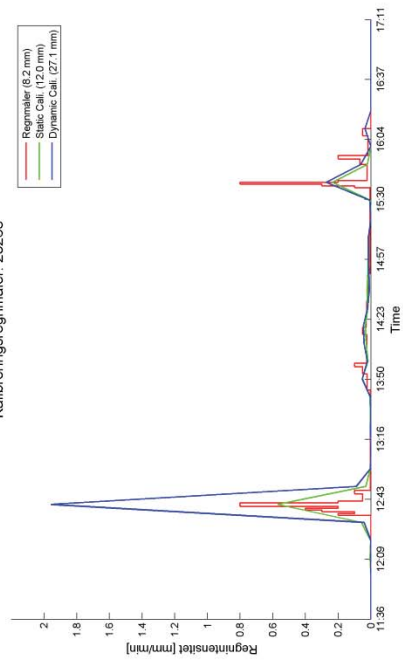
Valideringsregnmåler: 23261



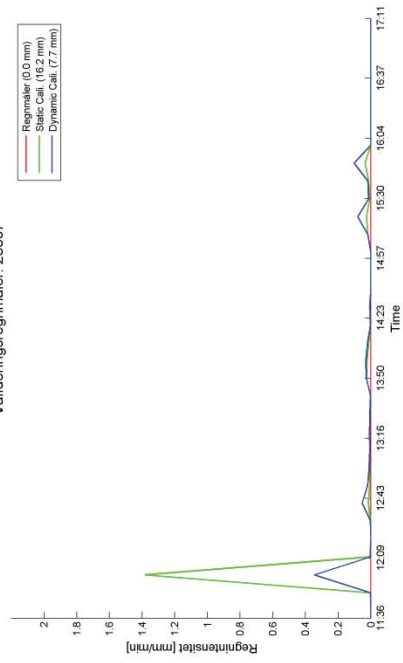
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268

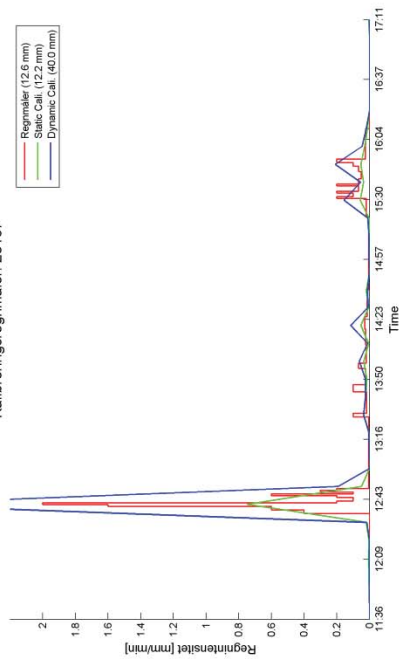


Valideringsregnmåler: 23307

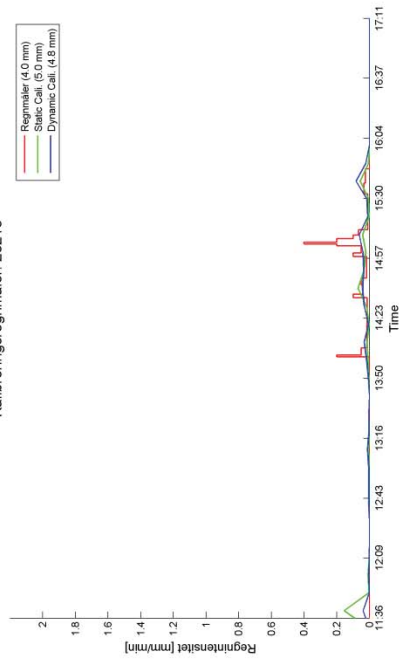


C-bånd: (BIASfit) - 22-May-2011 11:36:00 til 22-May-2011 17:11:00

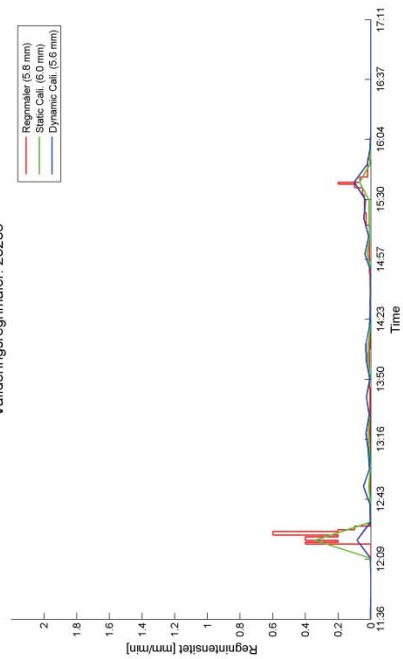
Kalibreringsregnmåler: 23157



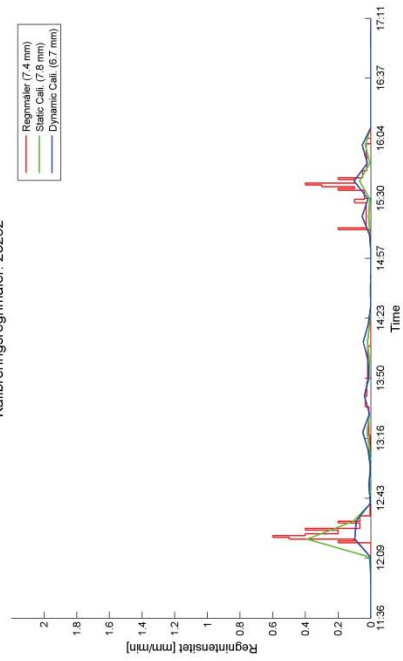
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

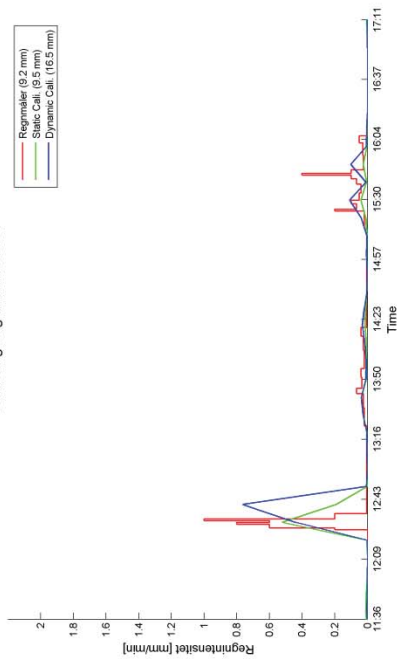


Kalibreringsregnmåler: 23252

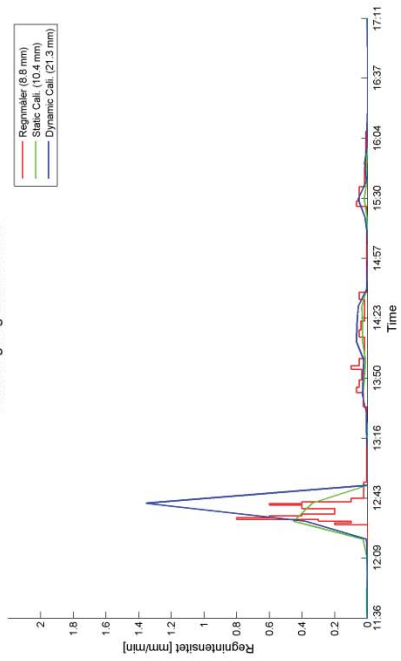


C-bånd: (BIASfit) - 22-May-2011 11:36:00 til 22-May-2011 17:11:00

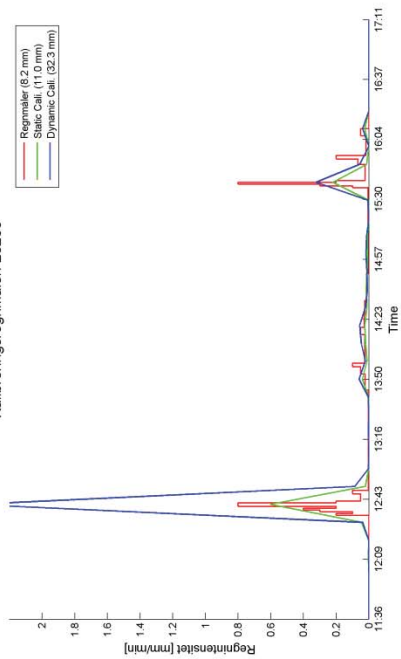
Valideringsregnmåler: 23261



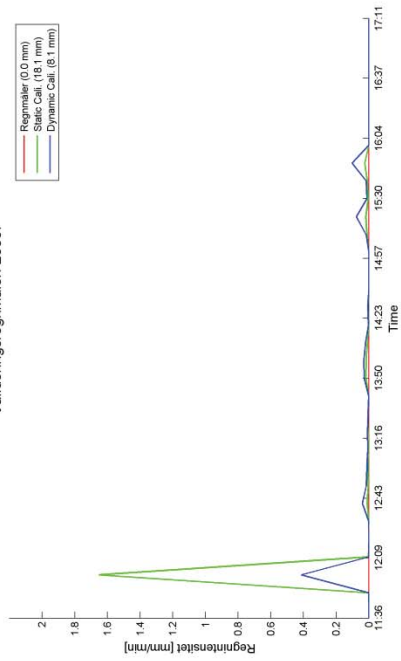
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268



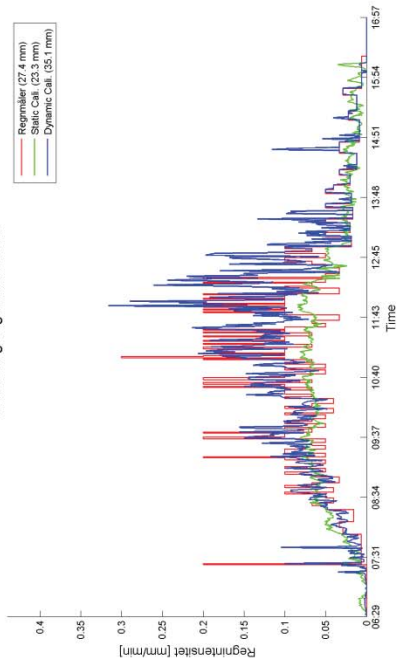
Valideringsregnmåler: 23307



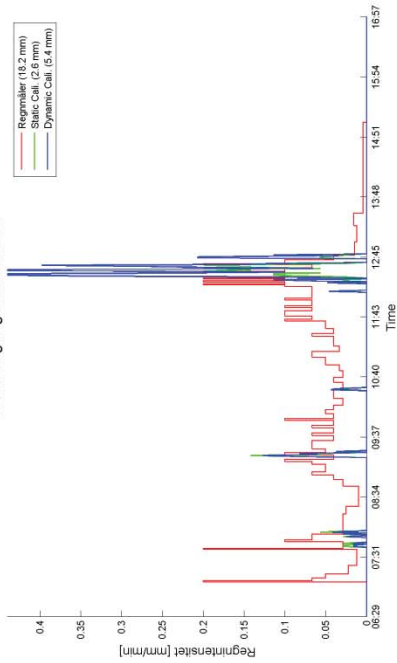
Periode 3 - Hændelse 1

LAWR: (LinReg) - 14-Jul-2011 06:29:00 til 14-Jul-2011 16:57:00

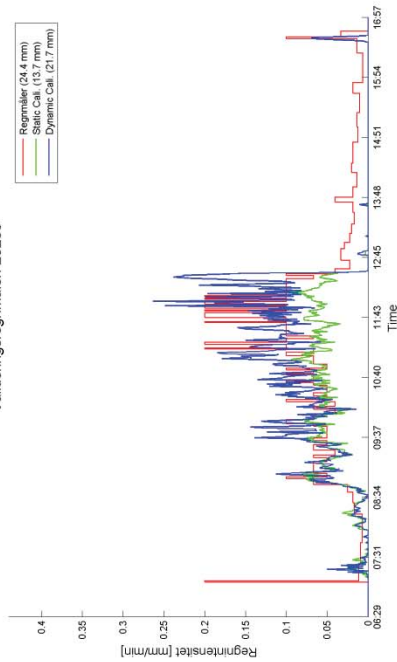
Kalibreringsregnmåler: 23157



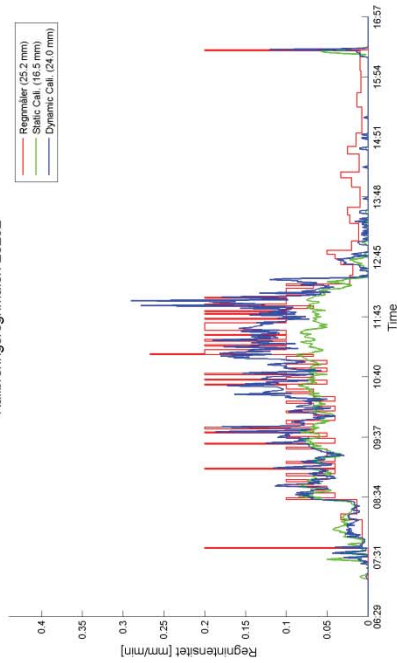
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

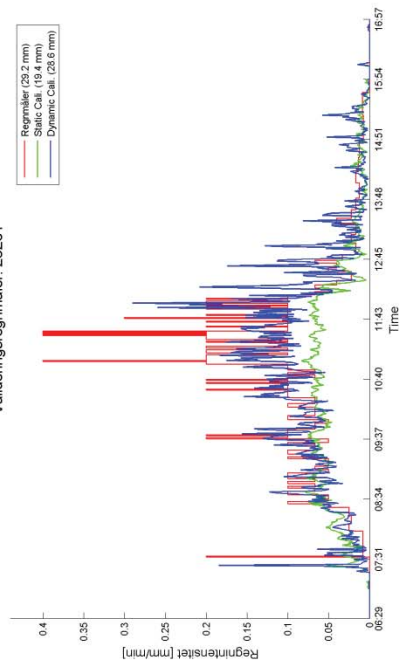


Kalibreringsregnmåler: 23252

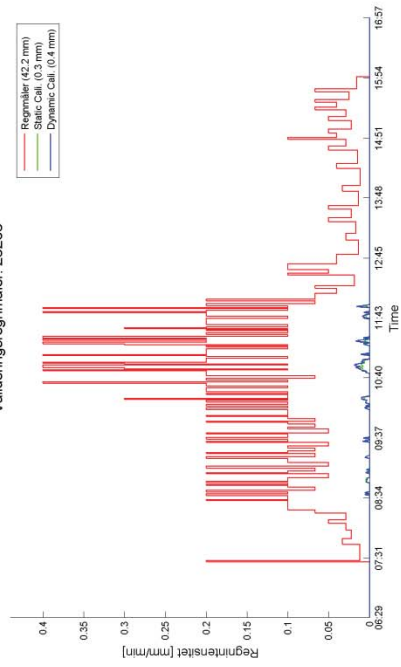


LAWR: (LinReg) - 14-Jul-2011 06:29:00 til 14-Jul-2011 16:57:00

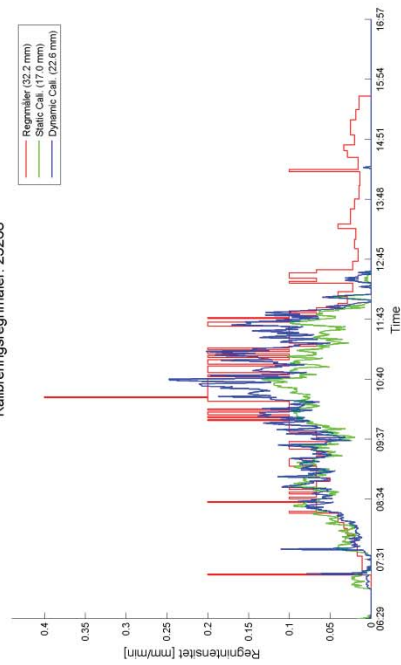
Valideringsregnmåler: 23261



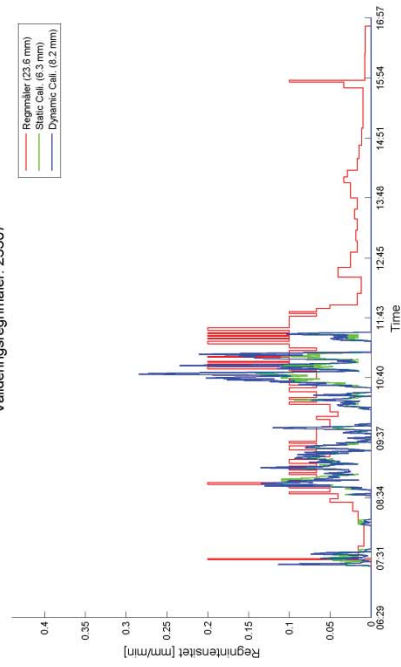
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268

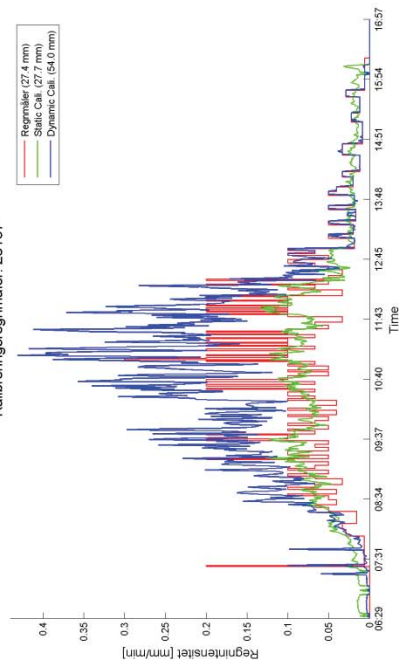


Valderingsregnmåler: 23307

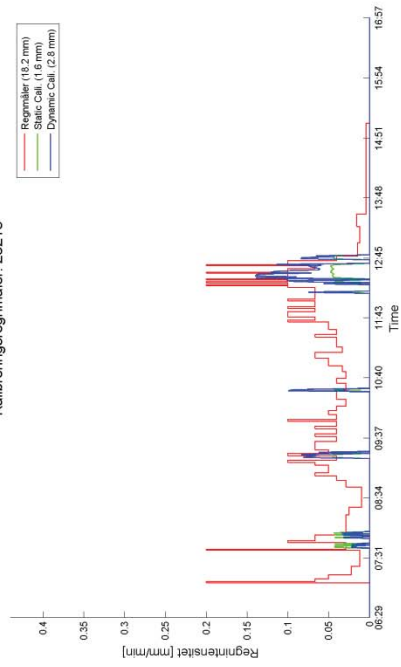


LAWR: (2exp) - 14-Jul-2011 06:29:00 til 14-Jul-2011 16:57:00

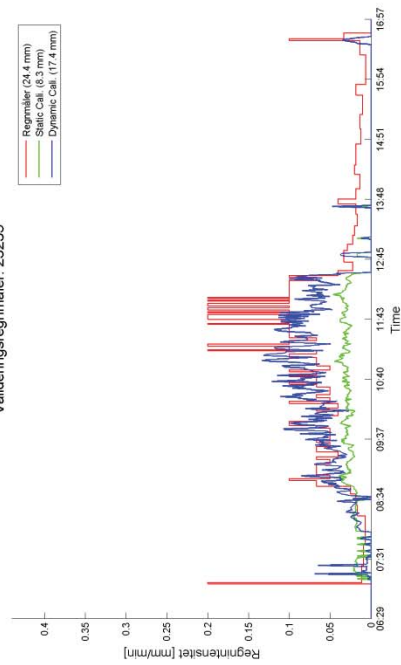
Kalibreringsregnmåler: 23157



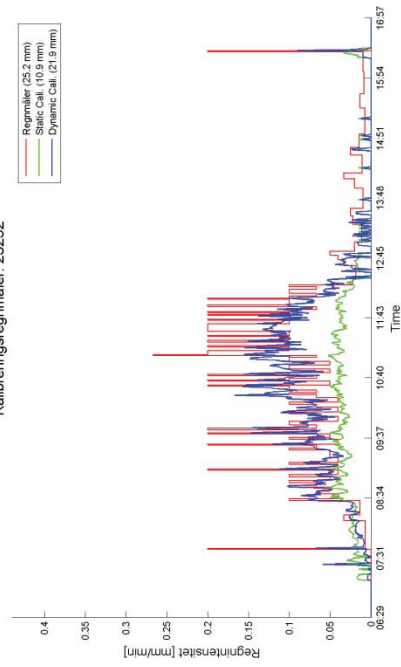
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

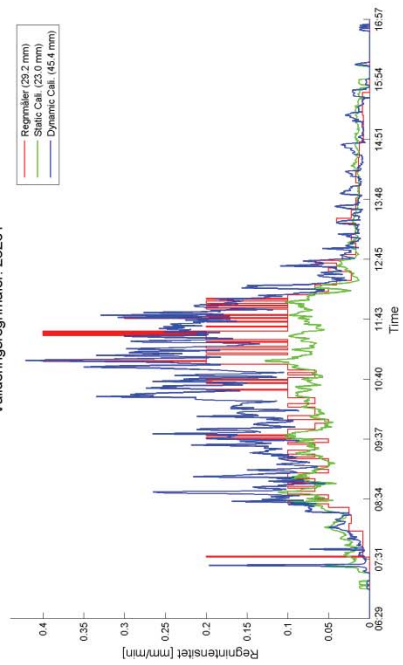


Kalibreringsregnmåler: 23252

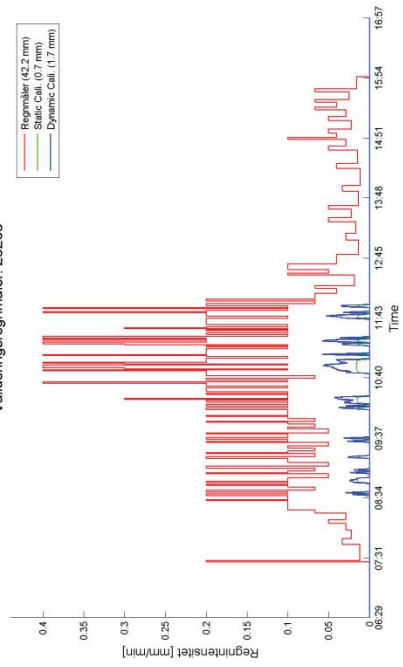


LAWR: (2exp) - 14-Jul-2011 06:29:00 til 14-Jul-2011 16:57:00

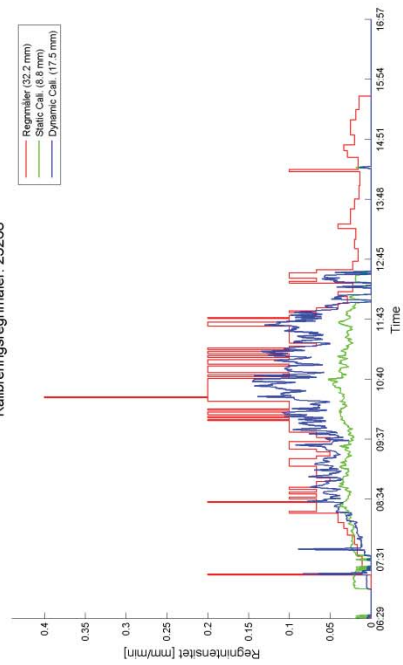
Valideringsregnmåler: 23261



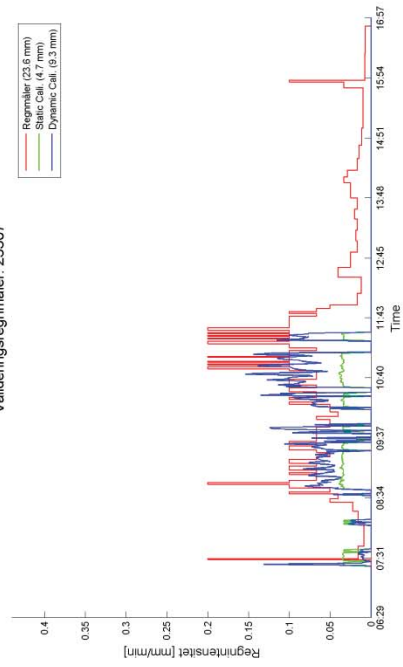
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268

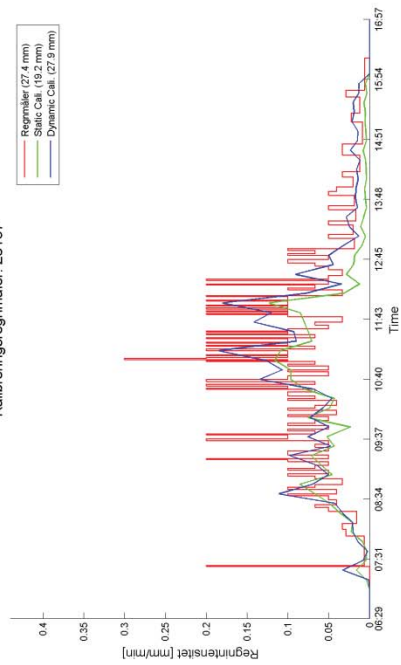


Valideringsregnmåler: 23307

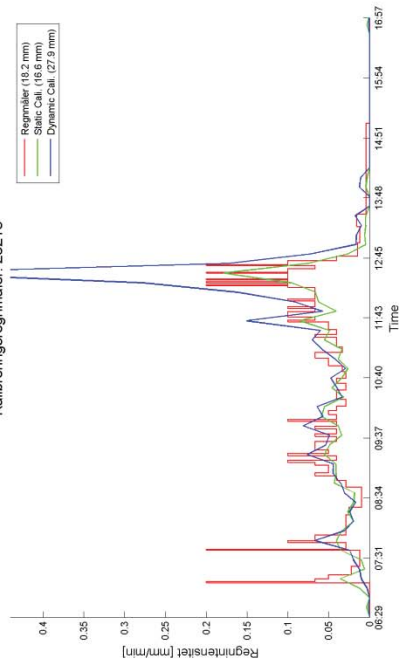


C-bånd: (MPfit) - 14-Jul-2011 06:29:00 til 14-Jul-2011 16:57:00

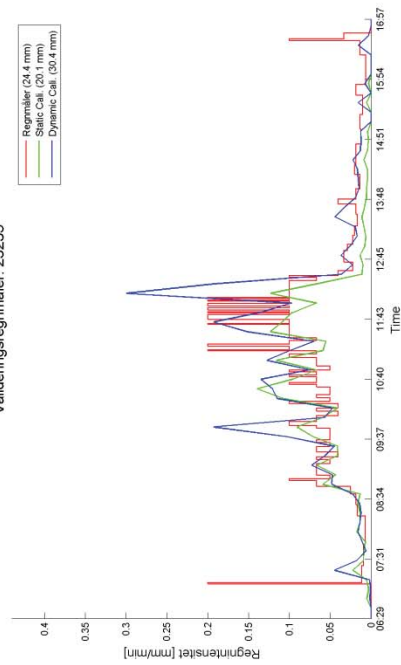
Kalibreringsregnmåler: 23157



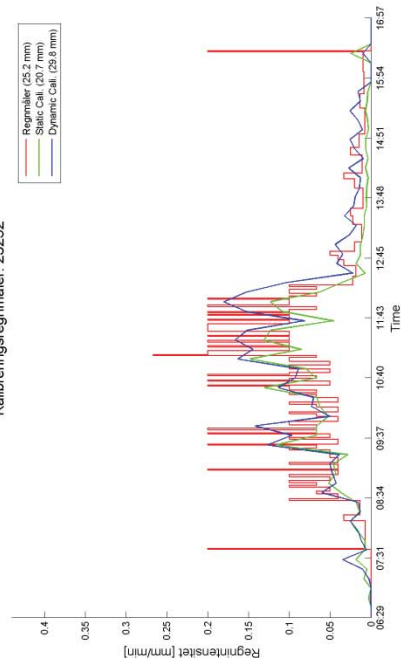
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

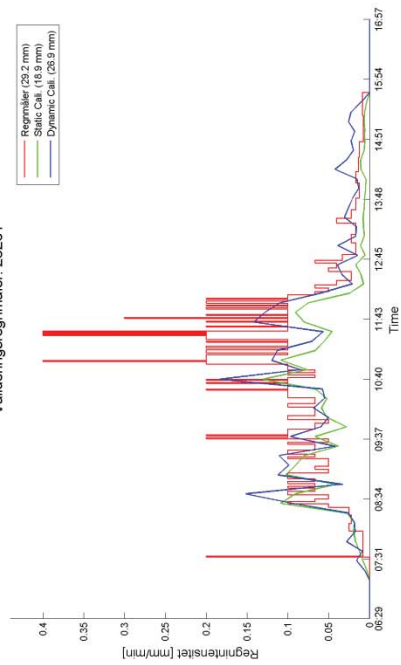


Kalibreringsregnmåler: 23252

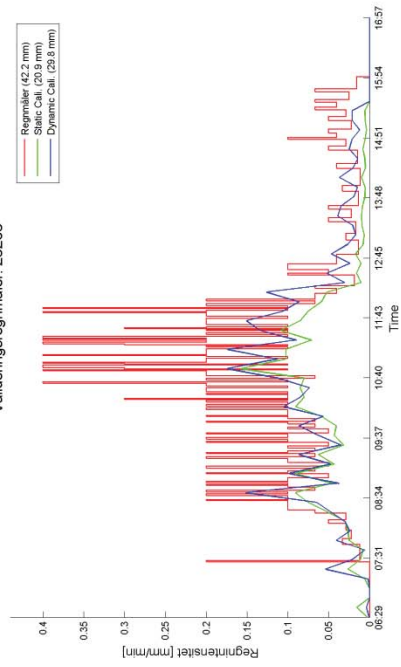


C-bånd: (MPfit) - 14-Jul-2011 06:29:00 til 14-Jul-2011 16:57:00

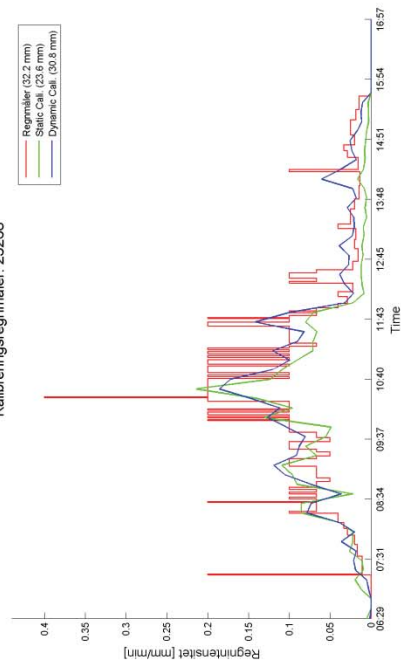
Valideringsregnmåler: 23261



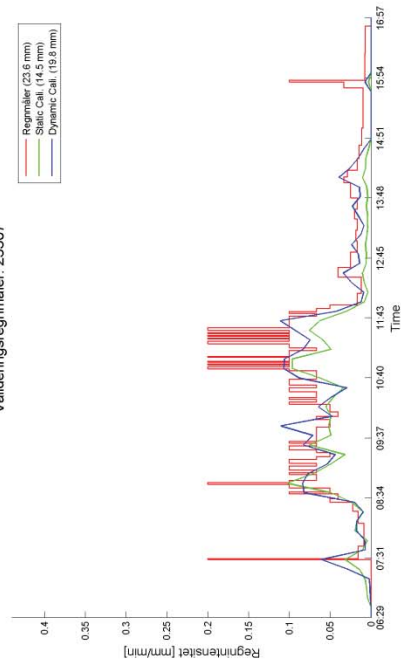
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268

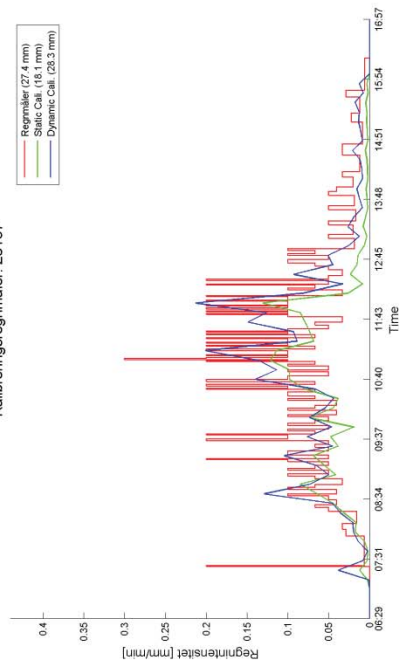


Valideringsregnmåler: 23307

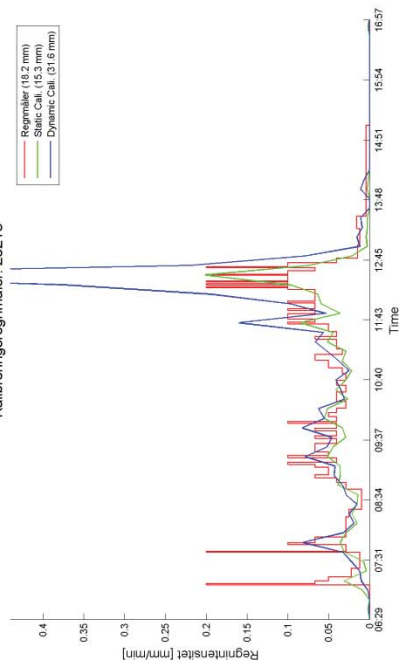


C-bånd: (BIASfit) - 14-Jul-2011 06:29:00 til 14-Jul-2011 16:57:00

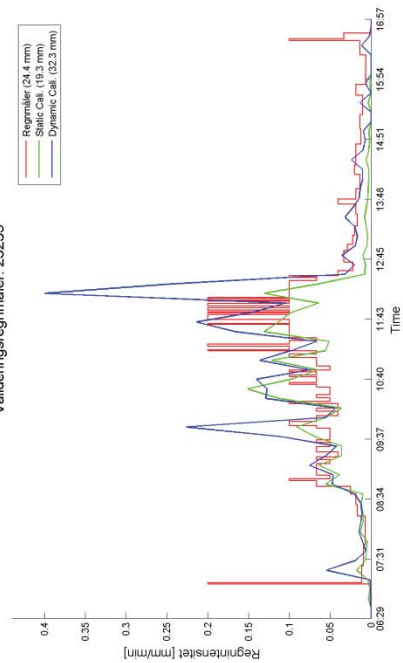
Kalibreringsregnmåler: 23157



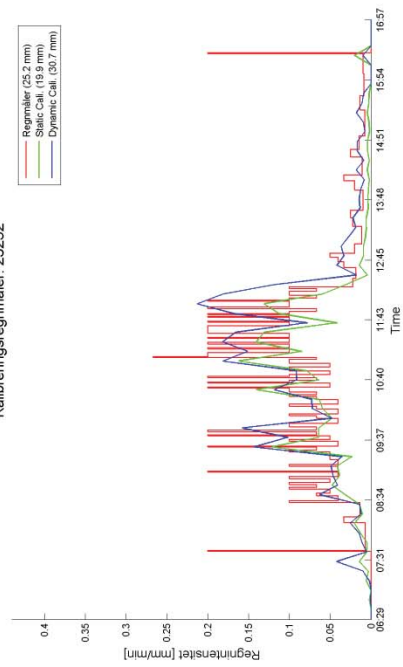
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

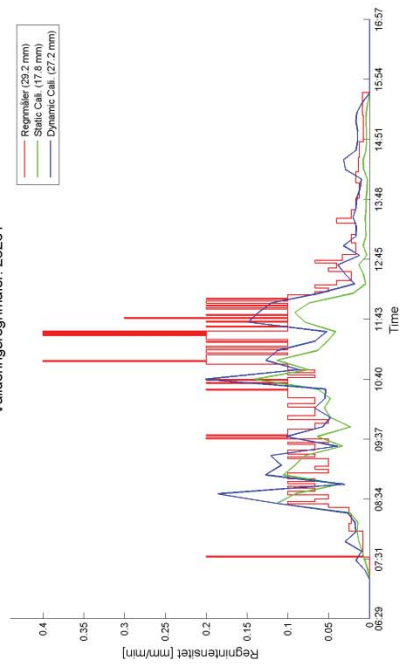


Kalibreringsregnmåler: 23252

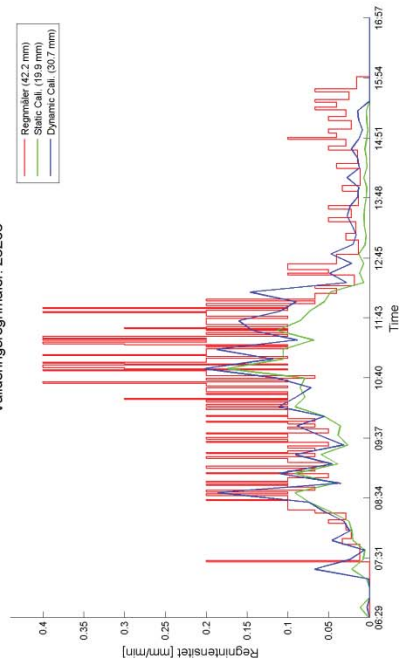


C-bånd: (BIASfit) - 14-Jul-2011 06:29:00 til 14-Jul-2011 16:57:00

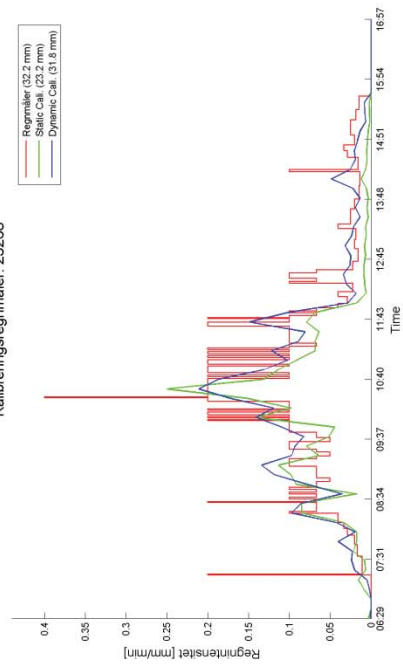
Valideringsregnmåler: 23261



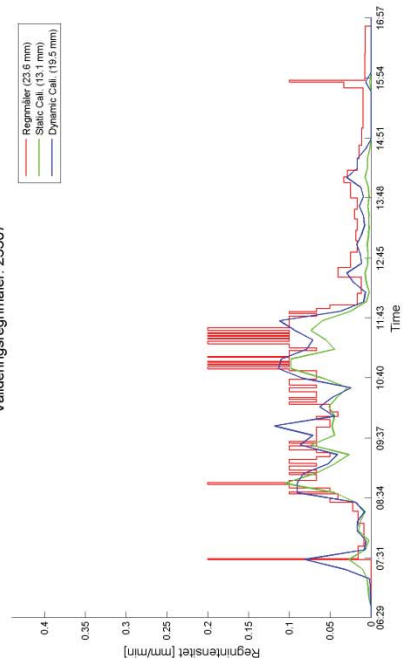
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268



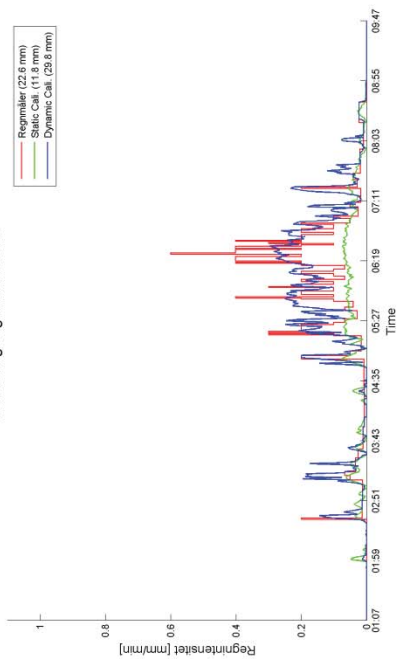
Valideringsregnmåler: 23307



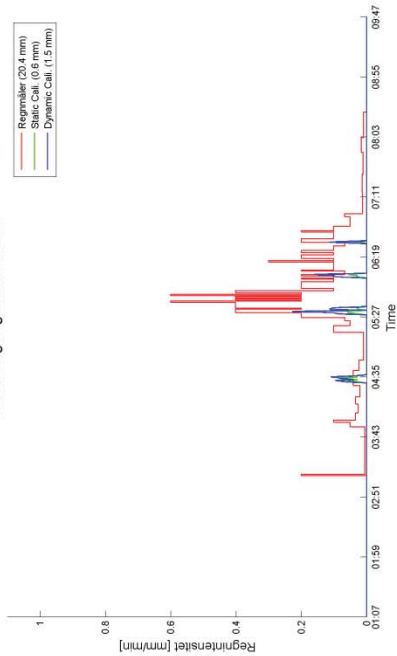
Periode 3 - Hændelse 2

LAWR: (LinReg) - 19-Aug-2011 01:07:00 til 19-Aug-2011 09:47:00

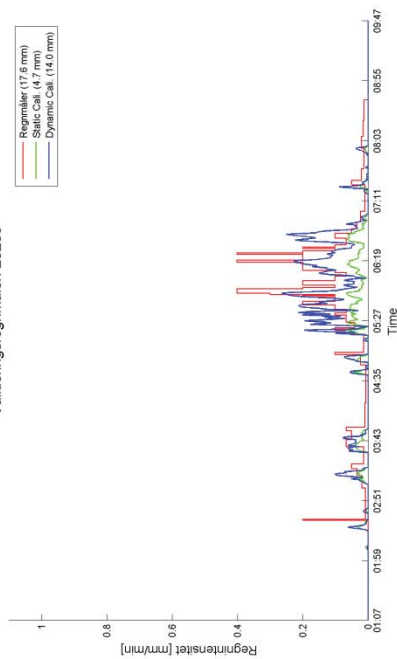
Kalibreringsregnmåler: 23157



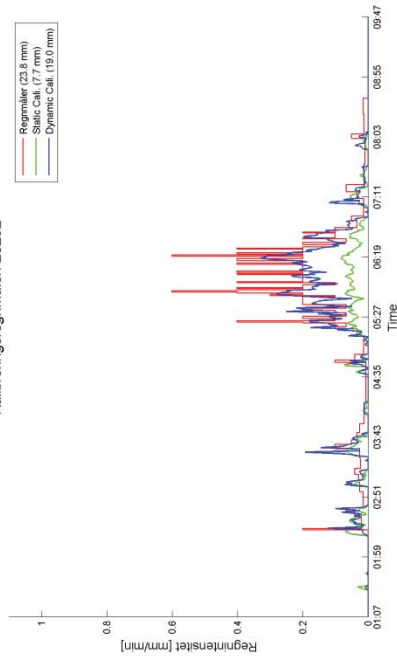
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

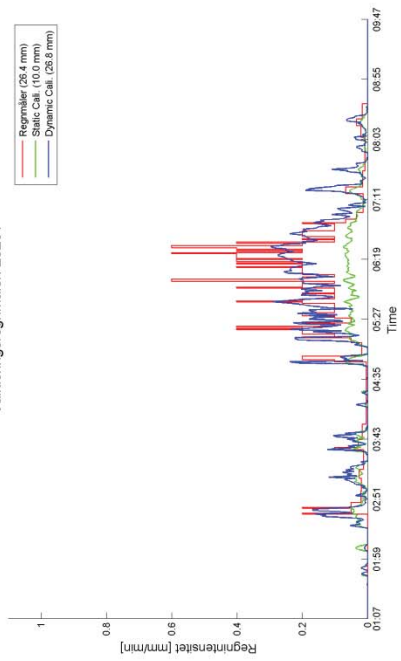


Kalibreringsregnmåler: 23252

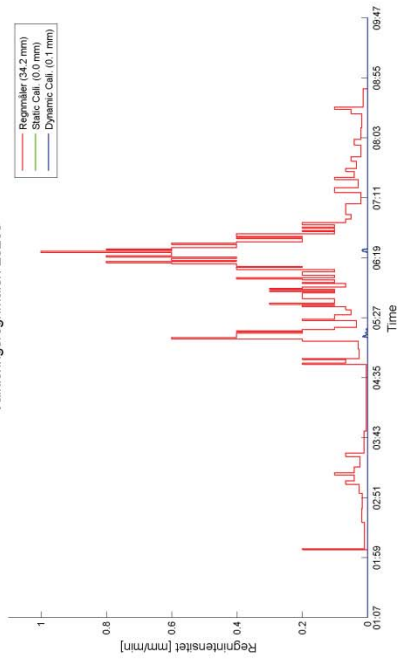


LAWR: (LinReg) - 19-Aug-2011 01:07:00 til 19-Aug-2011 09:47:00

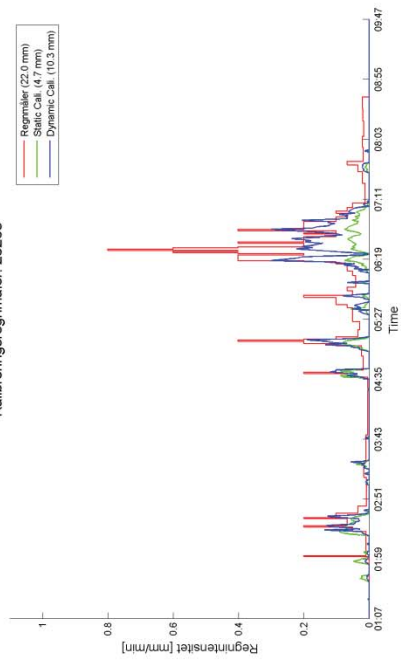
Valideringsregnmåler: 23261



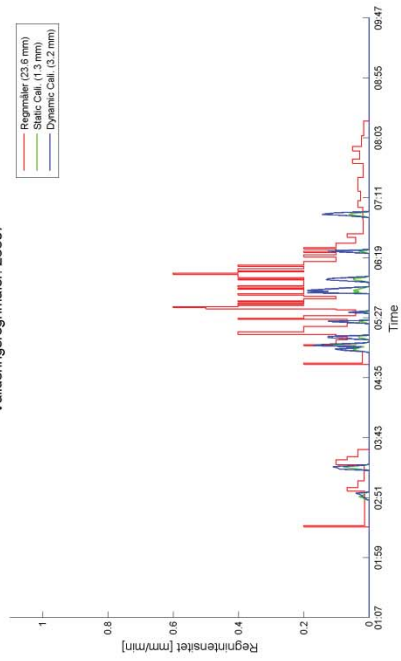
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268

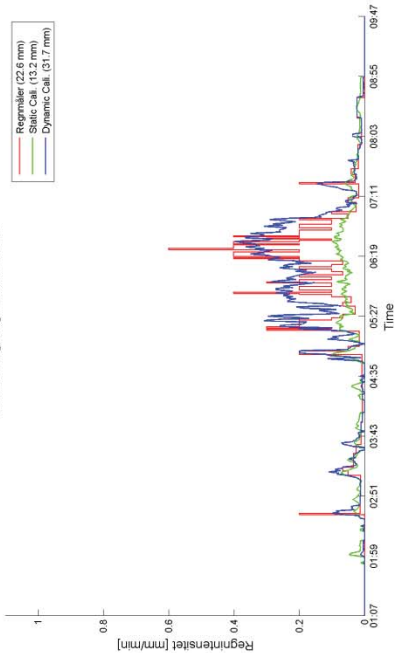


Valderingsregnmåler: 23307

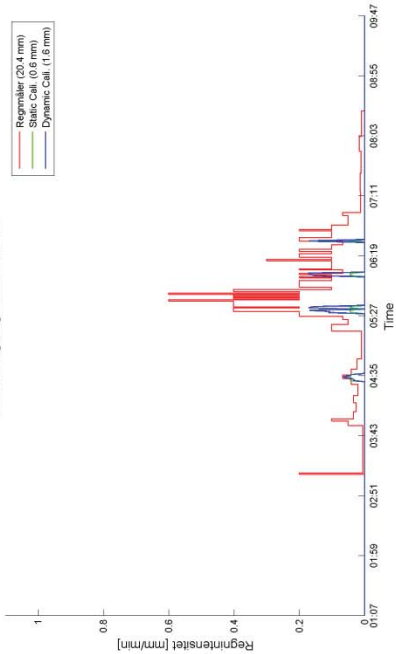


LAWR: (2exp) - 19-Aug-2011 01:07:00 til 19-Aug-2011 09:47:00

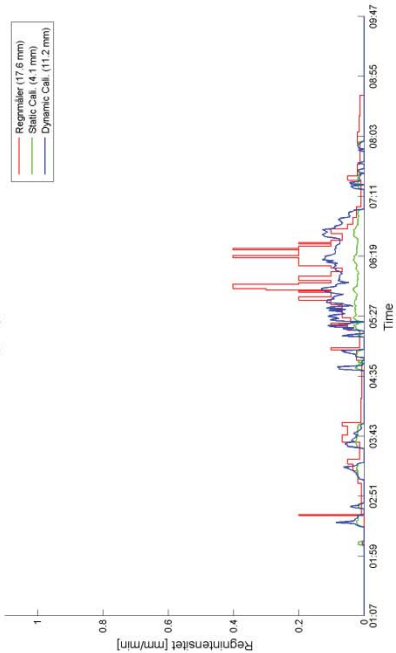
Kalibreringsregnmåler: 23157



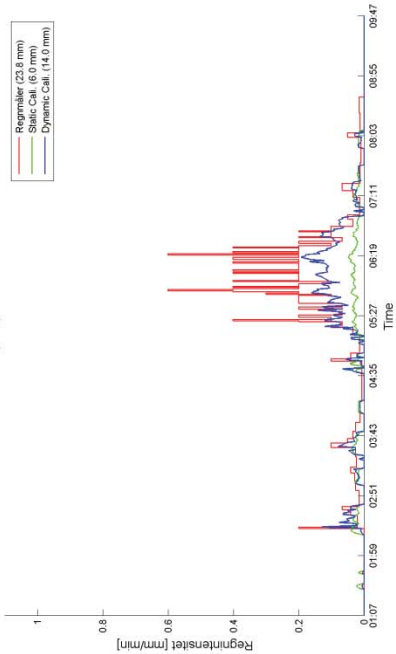
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

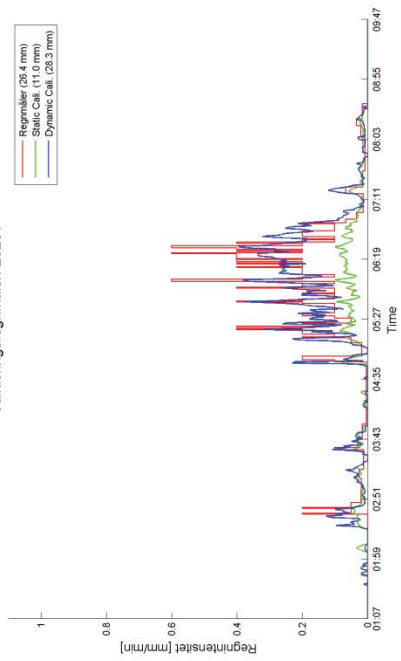


Kalibreringsregnmåler: 23252

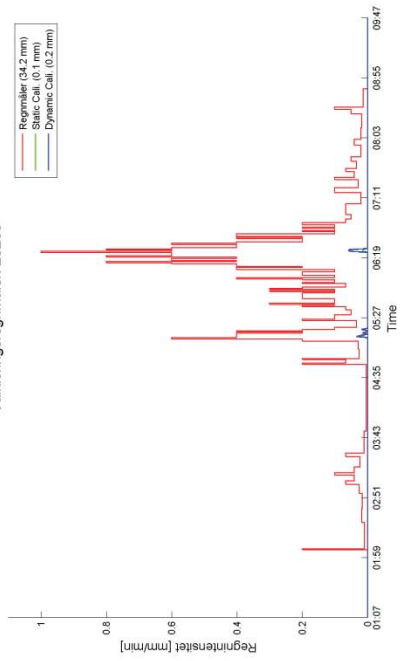


LAWR: (2exp) - 19-Aug-2011 01:07:00 til 19-Aug-2011 09:47:00

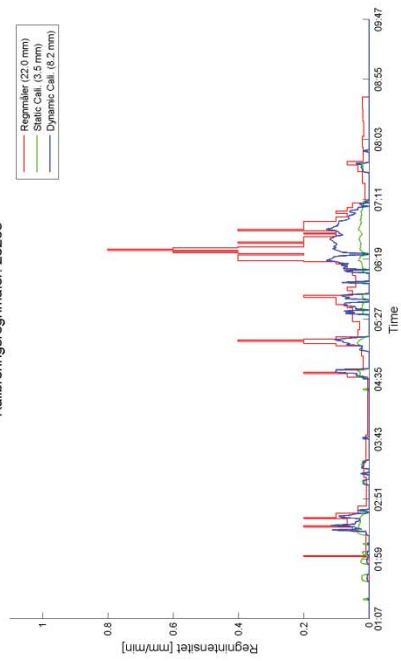
Valideringsregnmåler: 23261



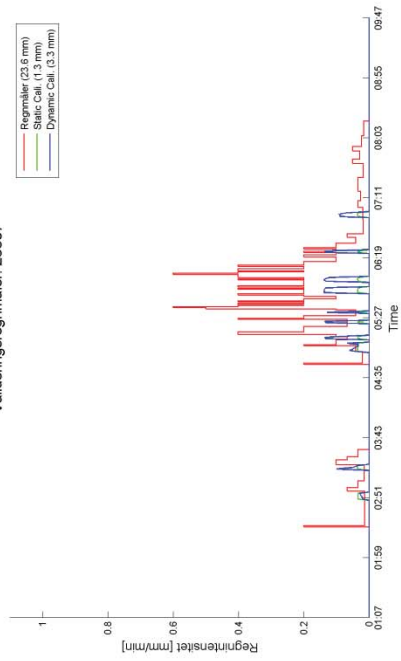
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268

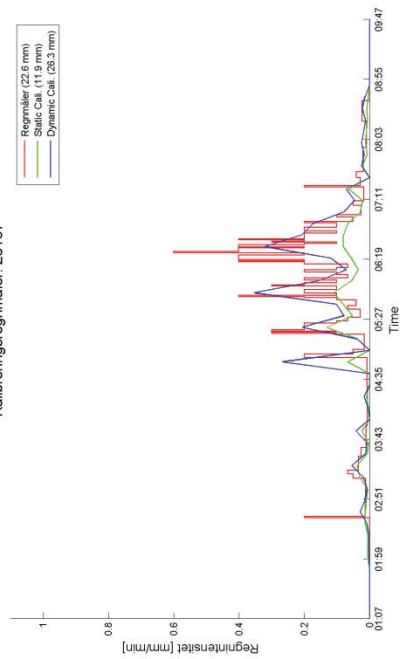


Valderingsregnmåler: 23307

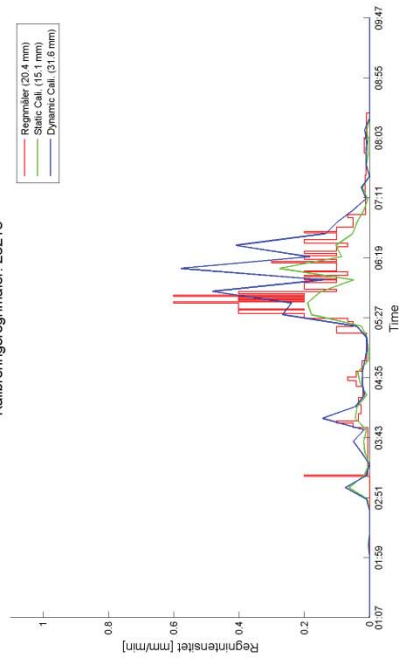


C-bånd: (MPfit) - 19-Aug-2011 01:07:00 til 19-Aug-2011 09:47:00

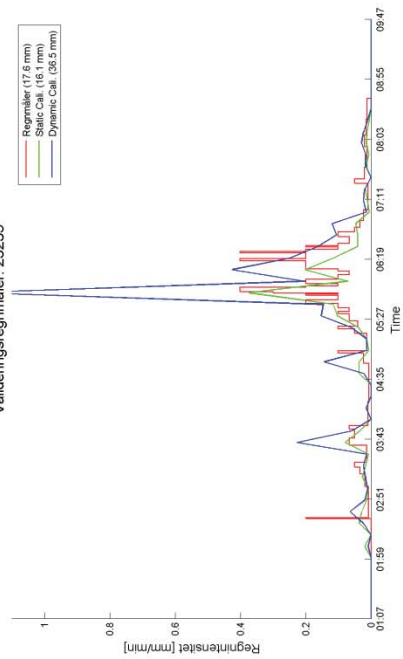
Kalibreringsregnmåler: 23157



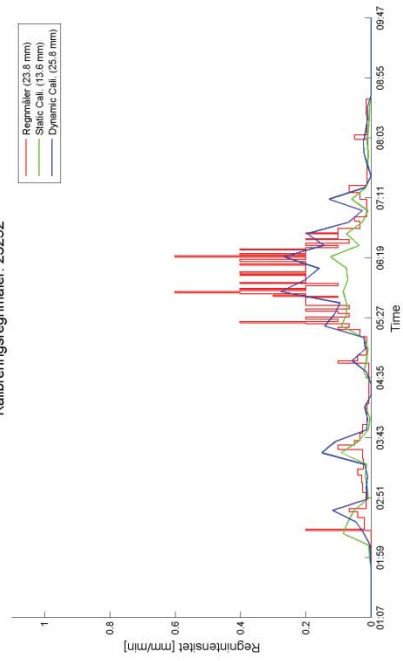
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

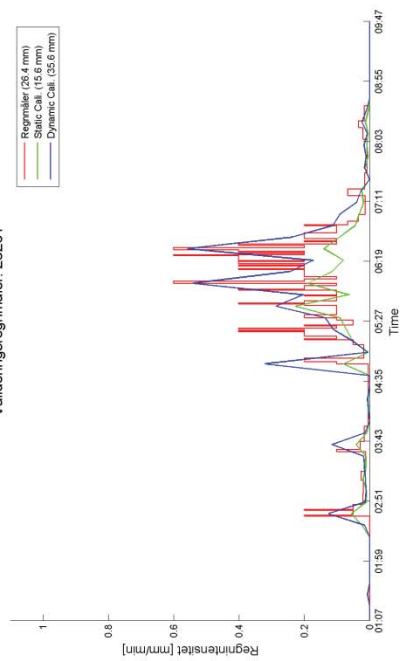


Kalibreringsregnmåler: 23252

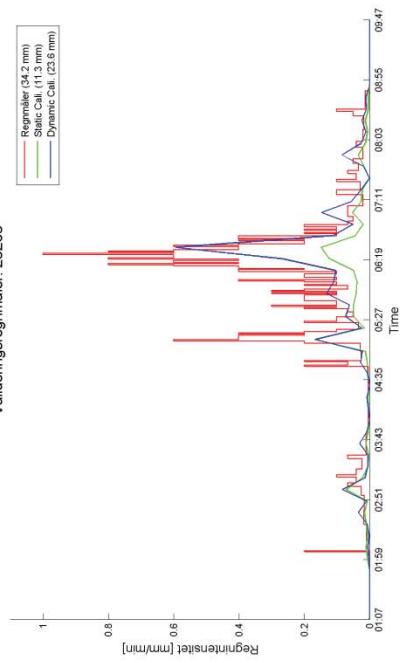


C-bånd: (MPfit) - 19-Aug-2011 01:07:00 til 19-Aug-2011 09:47:00

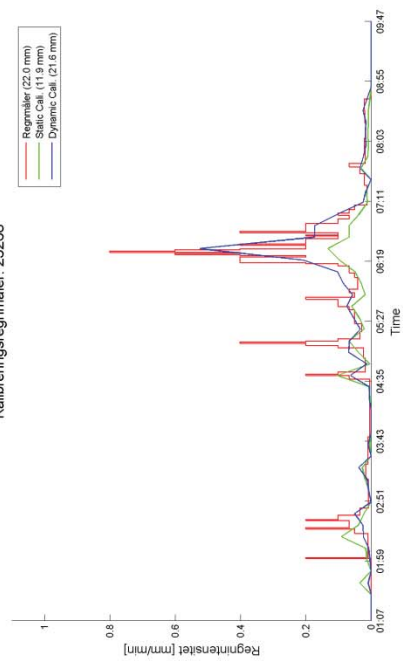
Valideringsregnmåler: 23261



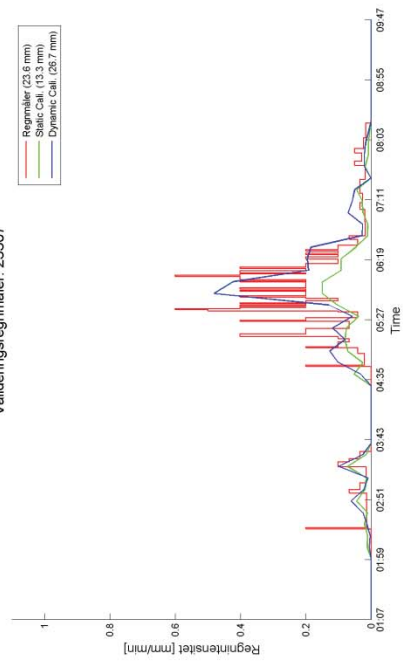
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268

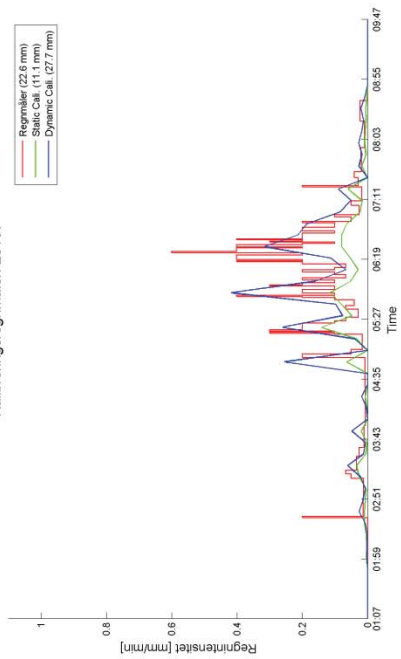


Valderingsregnmåler: 23307

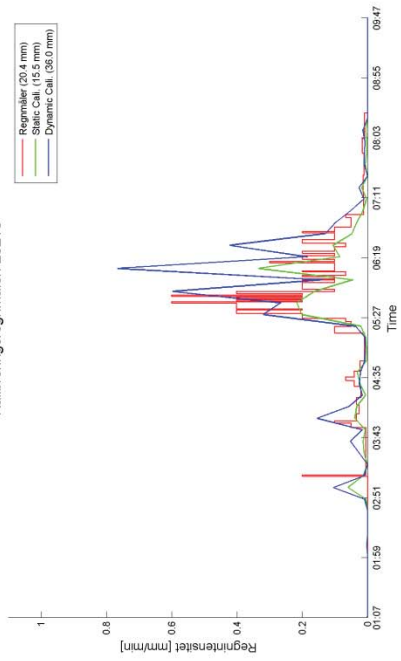


C-bånd: (BIASfit) - 19-Aug-2011 01:07:00 til 19-Aug-2011 09:47:00

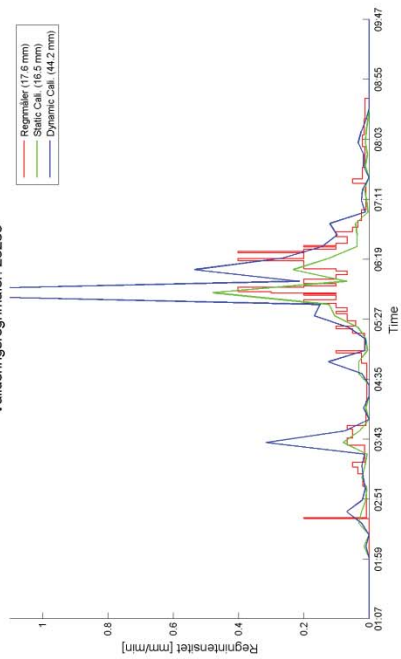
Kalibreringsregnmåler: 23157



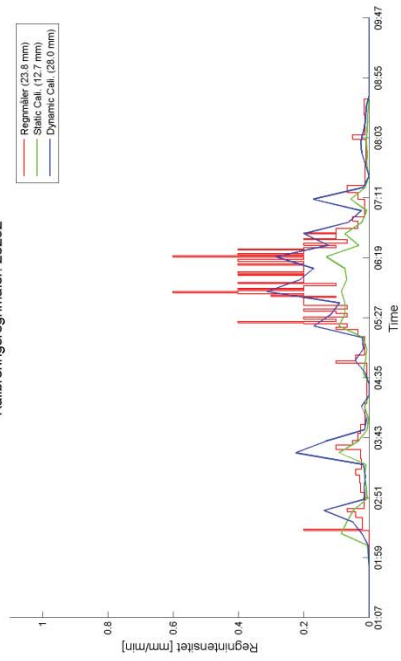
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

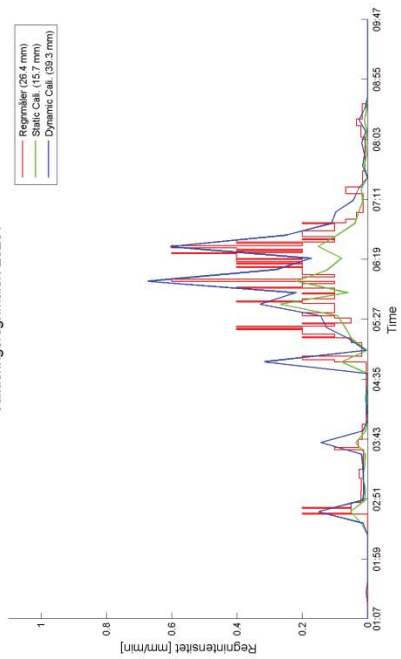


Kalibreringsregnmåler: 23252

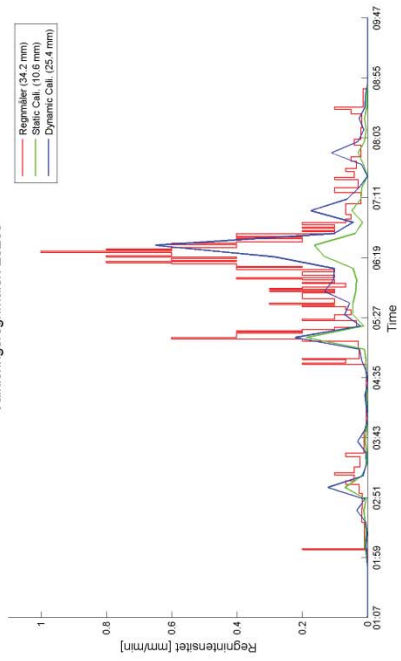


C-bånd: (BIASfit) - 19-Aug-2011 01:07:00 til 19-Aug-2011 09:47:00

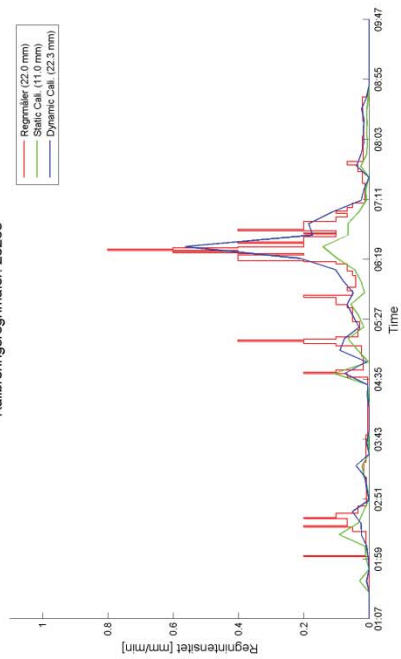
Valideringsregnmåler: 23261



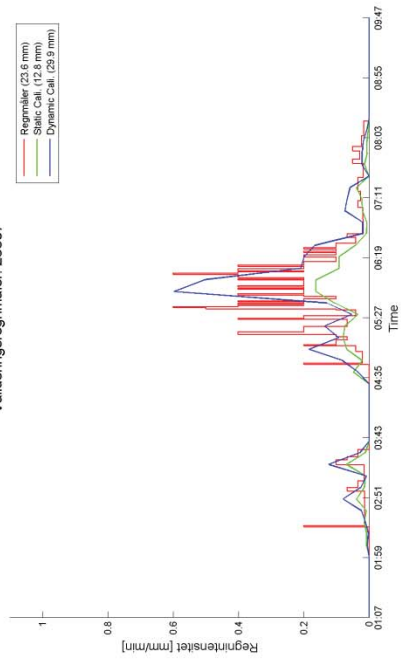
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268



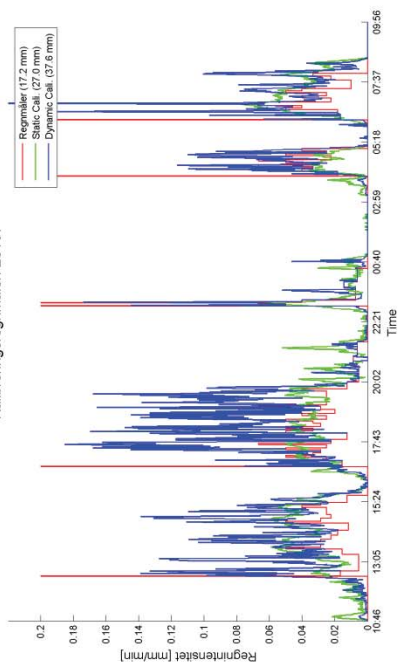
Valideringsregnmåler: 23307



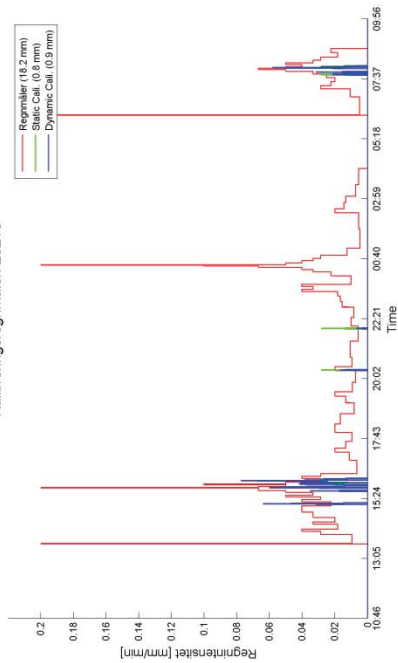
Periode 3 - Hændelse 3

LAWR: (LinReg) - 22-Jul-2011 10:46:00 til 23-Jul-2011 09:56:00

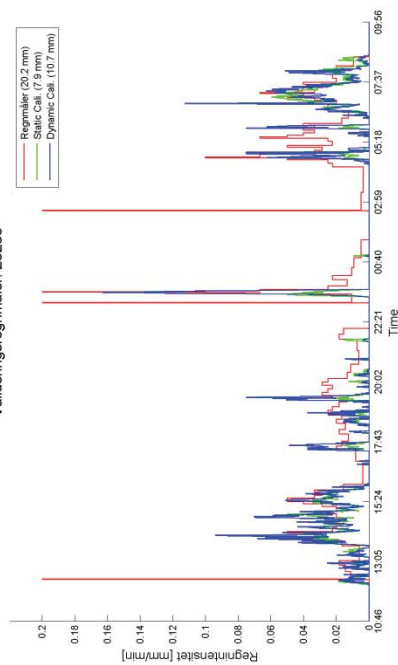
Kalibreringsregnmåler: 23157



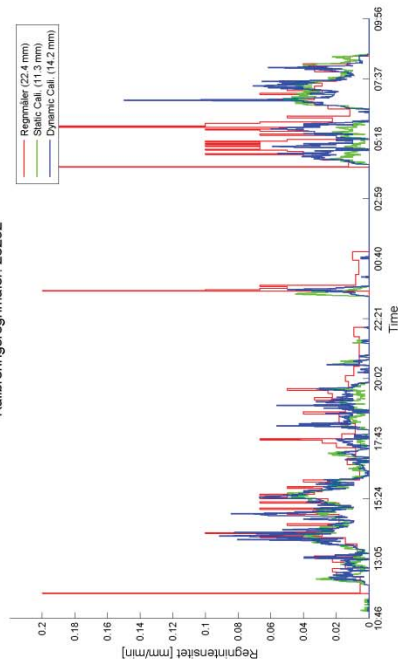
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

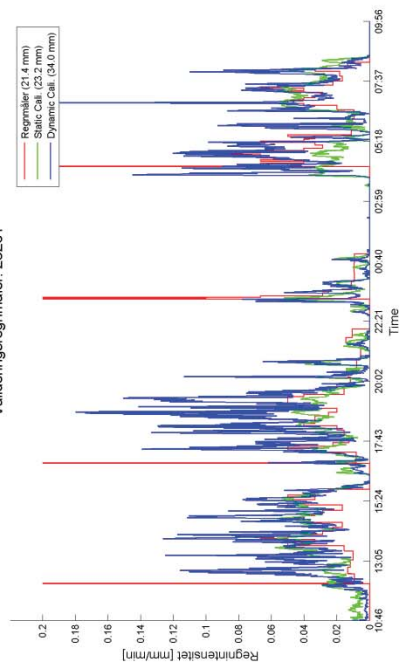


Kalibreringsregnmåler: 23252

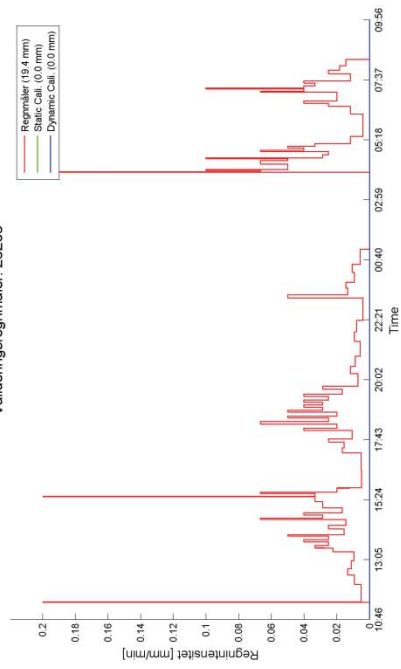


LAWR: (LinReg) - 22-Jul-2011 10:46:00 til 23-Jul-2011 09:56:00

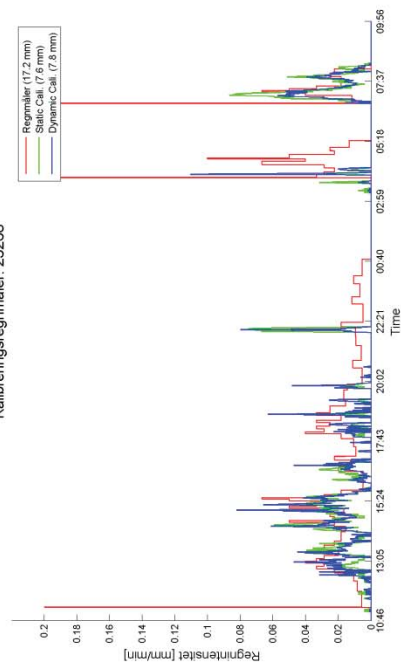
Valideringsregnmåler: 23261



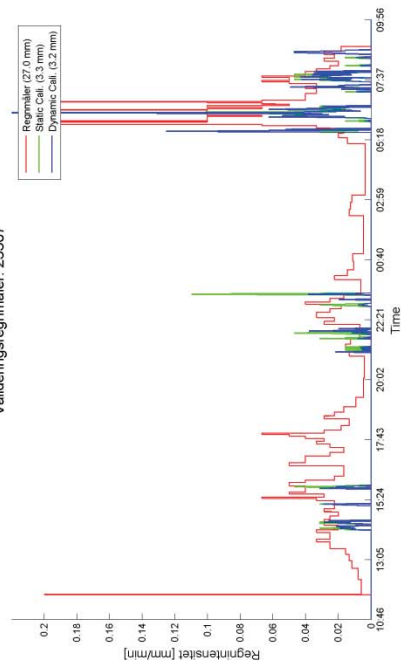
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268

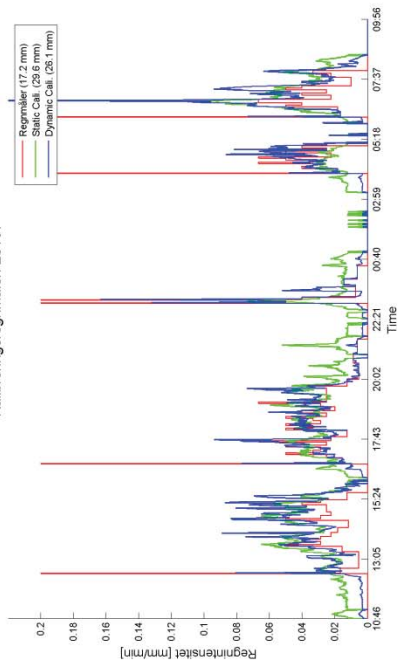


Valideringsregnmåler: 23307

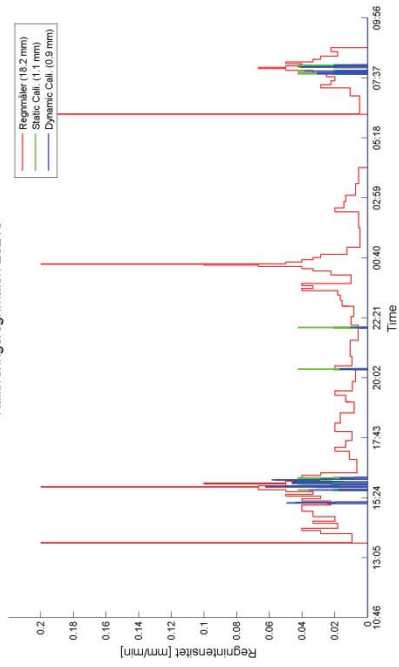


LAWR: (2exp) - 22-Jul-2011 10:46:00 til 23-Jul-2011 09:56:00

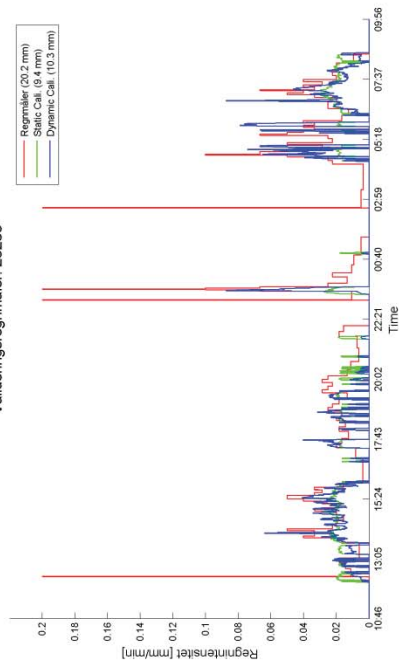
Kalibreringsregnmåler: 23157



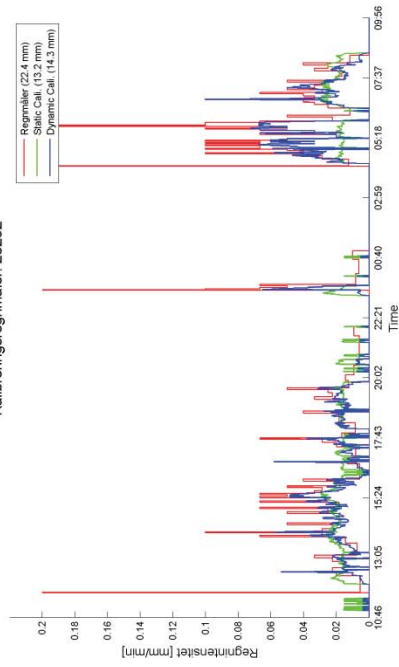
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

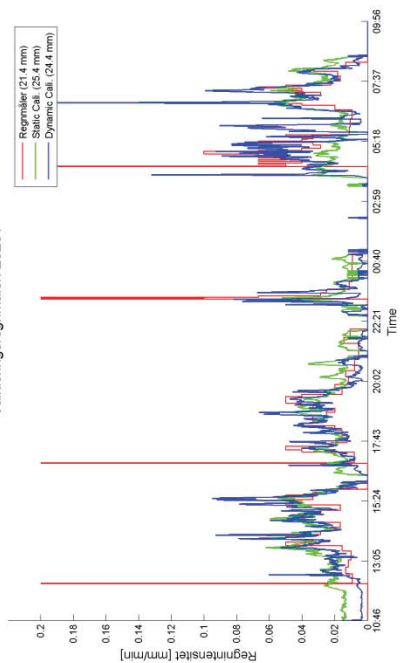


Kalibreringsregnmåler: 23252

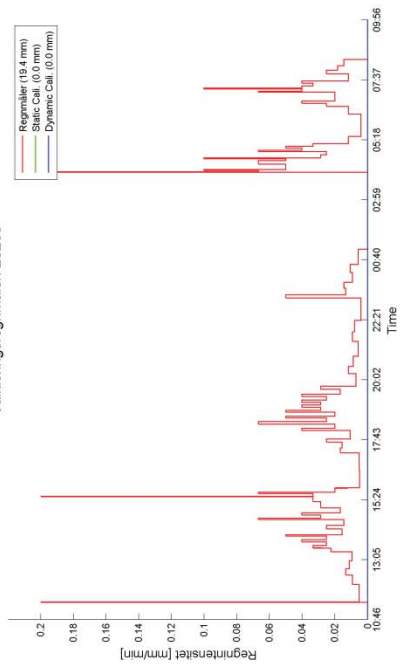


LAWR: (2exp) - 22-Jul-2011 10:46:00 til 23-Jul-2011 09:56:00

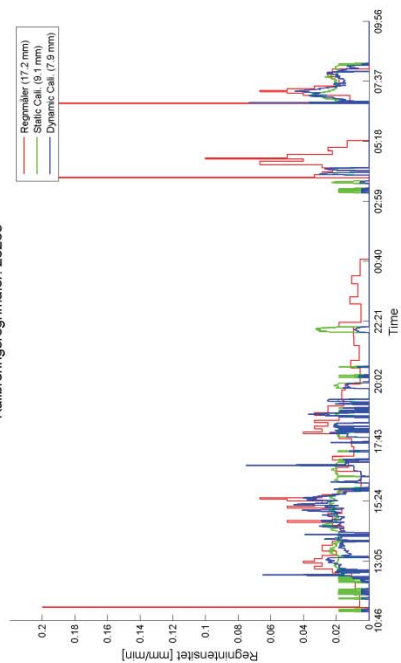
Valideringsregnmåler: 23261



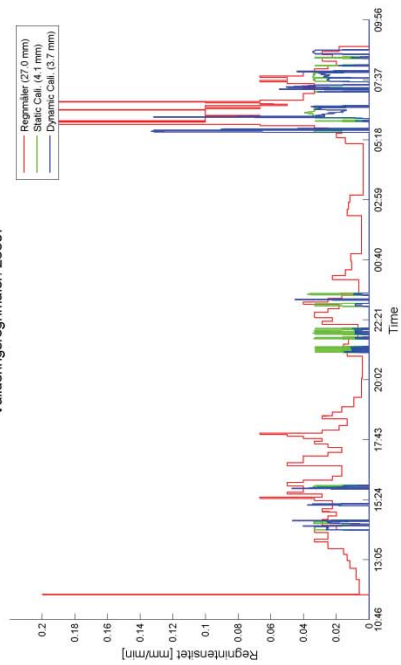
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268

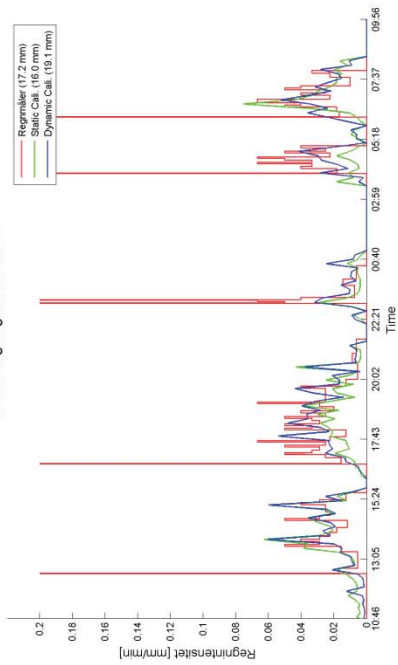


Valideringsregnmåler: 23307

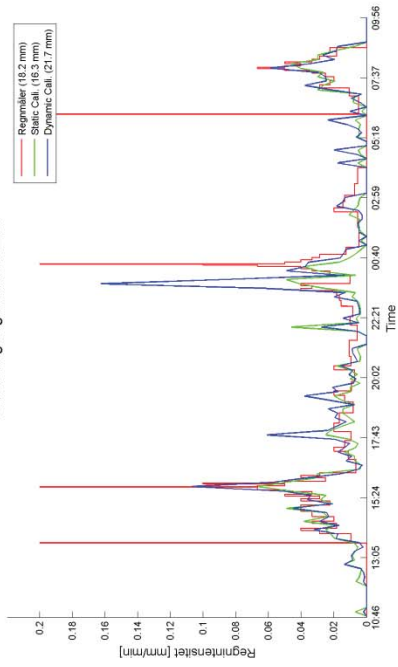


C-bånd: (MPfit) - 22-Jul-2011 10:46:00 til 23-Jul-2011 09:56:00

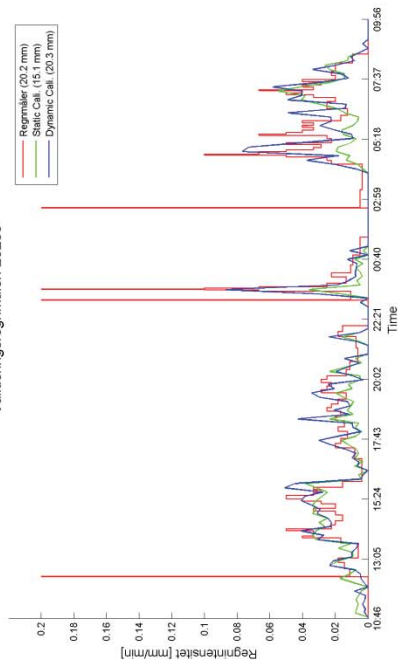
Kalibreringsregnmåler: 23157



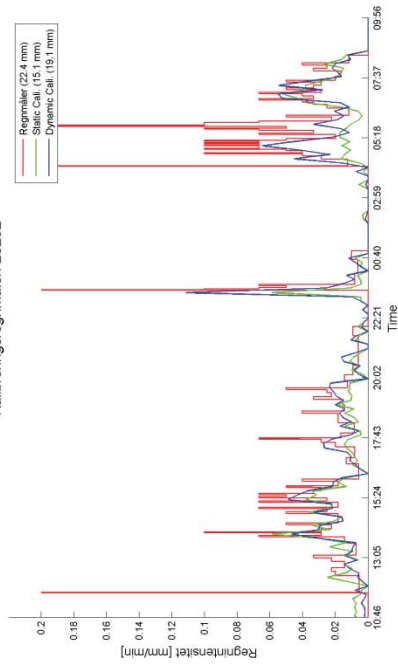
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

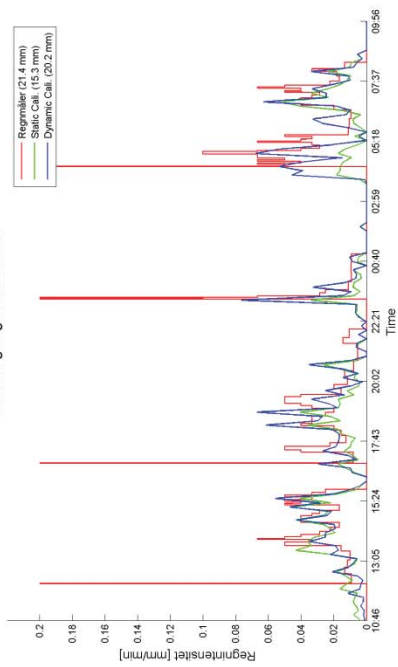


Kalibreringsregnmåler: 23252

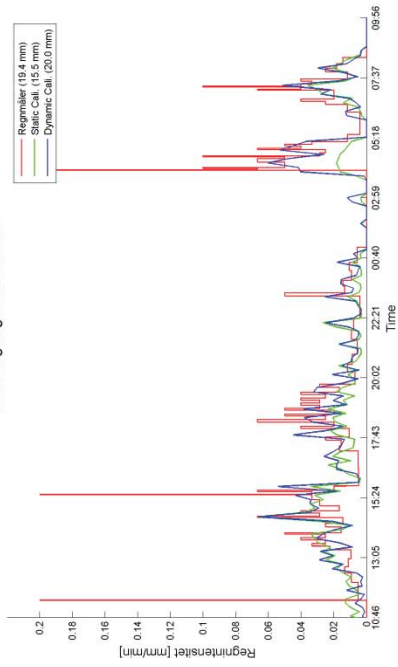


C-bånd: (MPfit) - 22-Jul-2011 10:46:00 til 23-Jul-2011 09:56:00

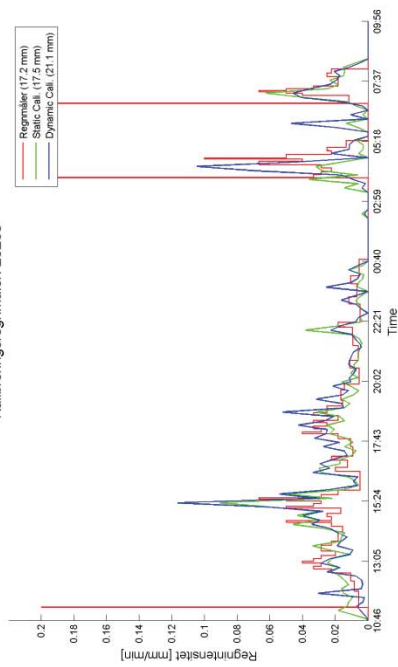
Valideringsregnmåler: 23261



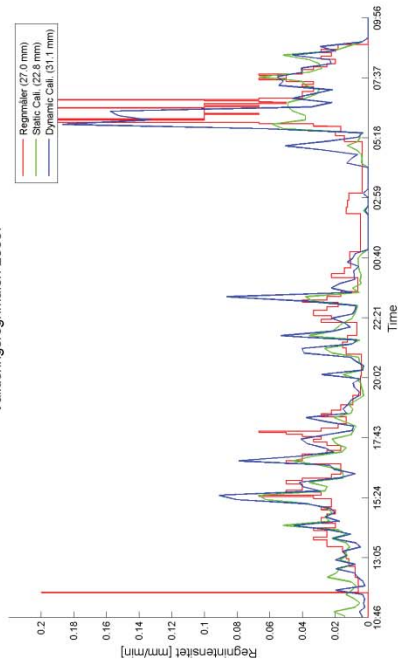
Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268

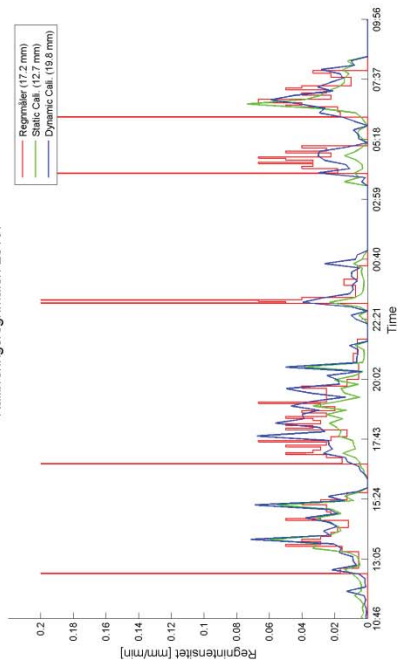


Valideringsregnmåler: 23307

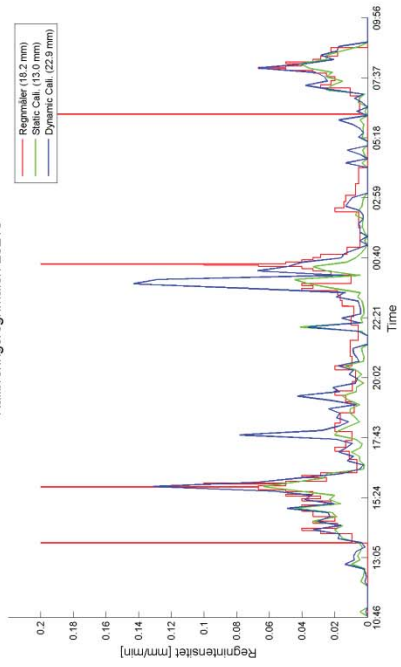


C-bånd: (BIASfit) - 22-Jul-2011 10:46:00 til 23-Jul-2011 09:56:00

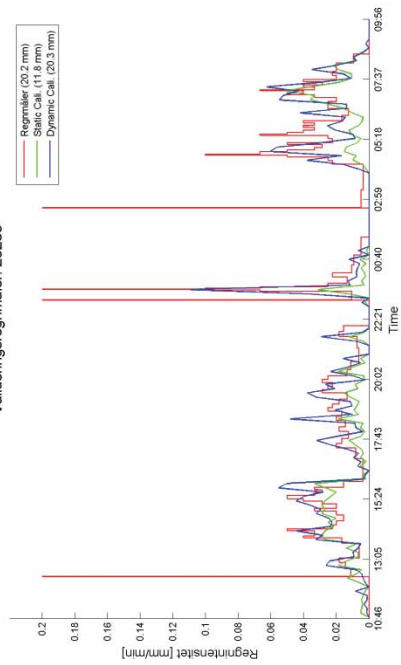
Kalibreringsregnmåler: 23157



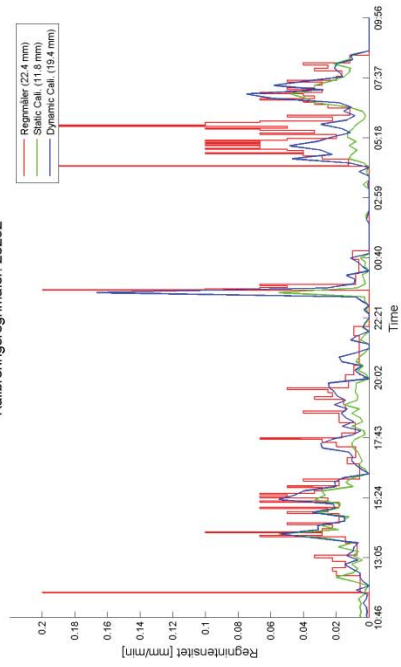
Kalibreringsregnmåler: 23218



Valideringsregnmåler: 23235

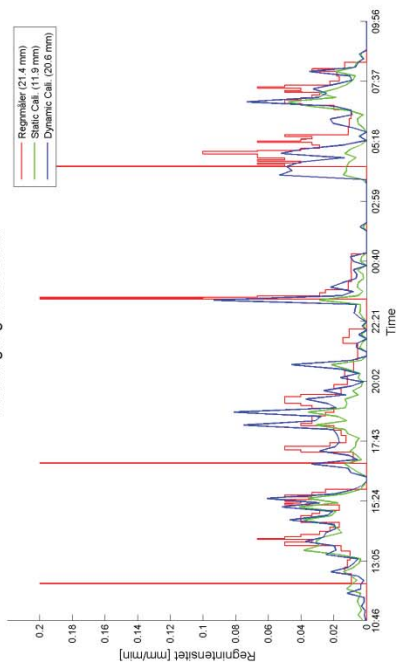


Kalibreringsregnmåler: 23252

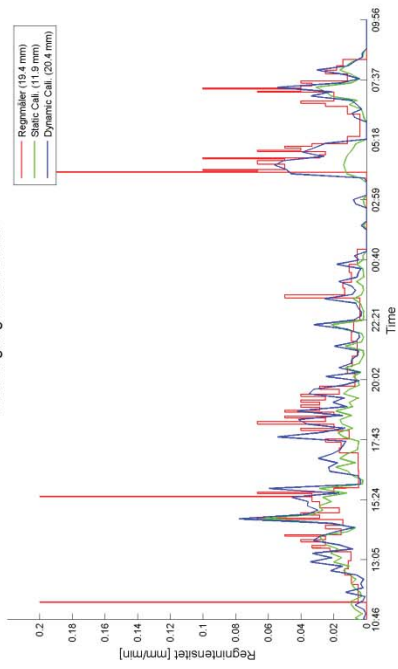


C-bånd: (BIASfit) - 22-Jul-2011 10:46:00 til 23-Jul-2011 09:56:00

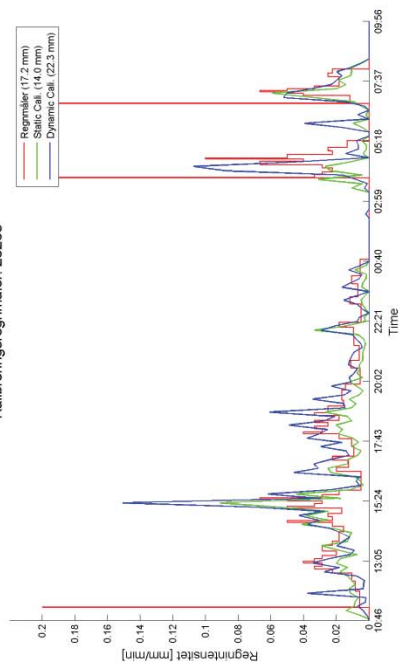
Valideringsregnmåler: 23261



Valideringsregnmåler: 23263



Kalibreringsregnmåler: 23268



Valideringsregnmåler: 23307

